

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Aleksandar Đurković**

Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Daniel R. Schneider, dipl. ing.

Student:

Aleksandar Đurković

Zagreb, 2015.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svim svojim nastavnicima i profesorima na pruženom znanju tijekom školovanja za moj daljnji stručni napredak.

Posebno bih se želio zahvaliti svom mentoru prof. dr. sc. Danielu R. Schneideru na vremenu, strpljenju i trudu uloženom u mentorstvo ovoga rada te na korisnim savjetima i informacijama koji su mi uvelike pomogli prilikom pisanja ovoga rada.

Zahvaljujem se i znanstvenom novaku Tihomiru Tomiću, mag. ing., koji mi je uvelike pomogao oko razumijevanja i izrade rada davajući prijedloge i savjete.

Osim toga, želio bih se zahvaliti i mojoj majci Snježani na pruženoj potpori te strpljenju i razumijevanju koje je imala za mene tijekom svih ovih godina školovanja.

Aleksandar Đurković



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite  
Povjerenstvo za diplomске ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: Aleksandar Đurković

Mat. br.: 0035168157

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza sustava gospodarenja otpadom na području Grada Zagreba i SZ Hrvatske s termičkom obradom otpada**  
Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the waste management system in Zagreb and NW region of Croatia with thermal treatment of waste**  
Opis zadatka:

U skladu s Republikom Hrvatskom u EU potrebno je ispuniti određene ciljeve po pitanju udjela recikliranja i smanjenja odlaganja biorazgradive komponente otpada - ciljeve s kojima će RH imati poteškoća u smislu njihovog ispunjavanja u zadanim rokovima. Prema Planu gospodarenja otpadom Grada Zagreba (GZ) kao rješenje aktualnog problema zbrinjavanja otpada vidi se u obliku njegove termičke obrade. Zadatak ovoga rada je analizirati potrebni kapacitet planiranog postrojenja za termičku obradu otpada u GZ te provesti ekonomsku analizu isplativosti pogona takvog postrojenja pri čemu je potrebno uzeti u obzir promjene u količini otpada zbog socio-ekonomskih kretanja i prilagodbe europskoj legislativi. Također je potrebno sagledati korist koja bi eventualno proizašla iz integriranja sustava GZ s cijelom regijom sjeverozapadne (SZ) Hrvatske.

U okviru diplomskog rada potrebno je:

- napraviti pregled literature i ekonomskih podataka o pretovarnim stanicama,
- skupiti podatke o količini i sastavu komunalnog otpada u GZ i SZ Hrvatskoj,
- analizirati i predložiti lokacije pretovarnih stanica (uzimajući u obzir lokacije postojećih odlagališta otpada),
- napraviti projekciju količine, sastava i ogrjevnog vrijednosti otpada do 2030. godine sukladno socio-ekonomskim kriterijima i europskoj legislativi,
- napraviti usporednu ekonomsku analizu pogona spalionice otpada potrebnog kapaciteta u GZ u slučaju:
  - pogona samo s otpadom proizvedenim na području GZ
  - održavanja punog pogona postrojenja za spalionicu korištenjem otpada i s područja ostalih županija SZ Hrvatske (uključujući prijevoz i pretovarne stanice)
- napraviti analizu utjecaja promjene vrijednosti otkupne cijene toplinske i električne energije te cijene otpada i biomase na isplativost investicije.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć pri izradi.

Zadatak zadan:

24. rujna 2015.

Rok predaje rada:

26. studenog 2015.

Predviđeni datumi obrane:

2., 3. i 4. prosinca 2015.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Daniel Rolph Schneider

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS OZNAKA .....	VII
SAŽETAK.....	VIII
SUMMARY .....	IX
1. UVOD.....	1
2. TOPLINSKI SUSTAVI.....	3
3. GOSPODARENJE OTPADOM.....	5
3.1. Postupci gospodarenja otpadom.....	5
3.2. Obrada otpada .....	8
3.3. Obrada s obzirom na vrstu otpada.....	9
3.4. Odlagalište otpada.....	9
3.4.1. Kategorije odlagališta .....	9
3.5. Katalog otpada .....	11
4. TERMIČKA OBRADA OTPADA - SPALJIVANJE.....	14
4.1. Spaljivanje.....	14
4.2. Vrste spalionica.....	14
4.3. Proizvodnja energije iz otpada .....	16
4.3.1. Proizvodnja i dobivanje energije iz komunalnog otpada .....	17
4.3.1.1. Tehnologija izgaranja na rešetki .....	18
5. SKUPLJANJE PODATAKA, OBJAŠNJENJE PRORAČUNA, ANALIZA I POTREBNI UVJETI.....	20
6. POSTOJEĆE STANJE GOSPODARENJA OTPADOM.....	21
6.1. Zagrebačka županija .....	22
6.2. Krapinsko-zagorska županija .....	26
6.3. Varaždinska županija .....	30
6.4. Koprivničko-križevačka županija .....	34
6.5. Međimurska županija .....	38
6.6. Županija Grada Zagreba.....	42
7. PROJEKCIJA OTPADA DO 2030. GODINE.....	46
7.1. Zagrebačka županija .....	50
7.2. Krapinsko-zagorska županija .....	53
7.3. Varaždinska županija .....	55
7.4. Koprivničko-križevačka županija .....	57
7.5. Međimurska županija .....	59
7.6. Županija Grada Zagreba.....	61
8. EKONOMSKA ANALIZA POGONA SPALIONICE.....	63
8.1. Pogon spalionice s otpadom proizvedenim na području Grada Zagreba.....	63

---

8.1.1. Izračun unutarnje stope povrata investicije.....	63
8.1.2. Analiza osjetljivosti .....	68
8.2. Pogon spalionice s otpadom proizvedenim na području Grada Zagreba i sjeverozapadne Hrvatske .....	71
8.2.1. Izračun unutarnje stope povrata investicije.....	71
8.2.2. Analiza osjetljivosti .....	77
9. ZAKLJUČAK.....	81
LITERATURA.....	83
PRILOZI.....	87

## POPIS SLIKA

Slika 1.	CTS Zagreb [4].....	4
Slika 2.	Dijagram hijerarhije otpada od najpoželjnije opcije do najnepoželjnije [6] .....	6
Slika 3.	Gospodarenje otpadom u Kathmandu, Nepal [6] .....	7
Slika 4.	Gospodarenje otpadom u Stockholmu, Švedska [6] .....	7
Slika 5.	Uređeno odlagalište otpada .....	10
Slika 6.	Nekontrolirano odlagalište otpada.....	11
Slika 7.	Popis djelatnosti koje generiraju otpad [7].....	12
Slika 8.	Ključni brojevi unutar djelatnosti koja generira otpad.....	12
Slika 9.	Spalionica otpada Spittelau (Beč, Austrija) .....	15
Slika 10.	Spalionica otpada Maishima (Osaka, Japan).....	15
Slika 11.	WtE Postrojenje Isséane (Pariz, Francuska).....	16
Slika 12.	Von Roll™ sustav za izgaranje otpada .....	19
Slika 13.	Hrvatska statistička područja.....	21
Slika 14.	Položaj Zagrebačke županije unutar RH .....	22
Slika 15.	Položaj Krapinsko-zagorske županije unutar RH .....	26
Slika 16.	Položaj Varaždinske županije unutar RH.....	30
Slika 17.	Položaj Koprivničko-križevačke županije unutar RH.....	34
Slika 18.	Položaj Međimurske županije unutar RH .....	38
Slika 19.	Položaj županije Grada Zagreba unutar RH.....	42
Slika 20.	Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Zagrebačku županiju.....	51
Slika 21.	Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Krapinsko-zagorsku županiju .....	54
Slika 22.	Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Varaždinsku županiju.....	56
Slika 23.	Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Koprivničko-križevačku županiju .....	58
Slika 24.	Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Međimursku županiju .....	60
Slika 25.	Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za županiju Grada Zagreba....	62
Slika 26.	Utjecaj promjene cijene toplinske energije i naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO .....	69
Slika 27.	Utjecaj promjene cijene električne energije i naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO.....	69
Slika 28.	Investicijski troškovi pretovarnih stanica [31] .....	71
Slika 29.	Krivulja ponašanja cijene investicije u odnosu na kapacitet odlagališta.....	72
Slika 30.	Utjecaj promjene cijene toplinske energije i naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO s pretovarnim stanicama.....	79
Slika 31.	Utjecaj promjene cijene električne energije i naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO s pretovarnim stanicama.....	79
Slika 32.	Utjecaj promjene cijene otkupa toplinske energije i drvne sječke na IRR postrojenja na biomasu [2] .....	82

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Količine skupljenog otpada u 2012. za Zagrebačku županiju .....	22
Tablica 2. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Zagrebačku županiju .....	22
Tablica 3. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2011. za Zagrebačku županiju .....	23
Tablica 4. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Zagrebačku županiju .....	24
Tablica 5. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Zagrebačku županiju .....	25
Tablica 6. Količine skupljenog otpada u 2012. za Krapinsko-zagorsku županiju .....	26
Tablica 7. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Krapinsko-zagorsku županiju .....	26
Tablica 8. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2007. za Krapinsko-zagorsku županiju .....	27
Tablica 9. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Krapinsko-zagorsku županiju .....	27
Tablica 10. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Krapinsko-zagorsku županiju .....	29
Tablica 11. Količine skupljenog otpada u 2012. za Varaždinsku županiju .....	30
Tablica 12. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Varaždinsku županiju .....	30
Tablica 13. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2008. za Varaždinsku županiju .....	31
Tablica 14. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Varaždinsku županiju .....	31
Tablica 15. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Varaždinsku županiju .....	33
Tablica 16. Količine skupljenog otpada u 2012. za Koprivničko-križevačku županiju .....	34
Tablica 17. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Koprivničko-križevačku županiju .....	34
Tablica 18. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2012. za Koprivničko-križevačku županiju .....	35
Tablica 19. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Koprivničko-križevačku županiju .....	35
Tablica 20. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Koprivničko-križevačku županiju .....	37
Tablica 21. Količine skupljenog otpada u 2012. za Međimursku županiju .....	38
Tablica 22. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Međimursku županiju .....	38
Tablica 23. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2006. za Međimursku županiju .....	39
Tablica 24. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Međimursku županiju .....	39
Tablica 25. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Međimursku županiju .....	41
Tablica 26. Količine skupljenog otpada u 2012. za Grad Zagreb .....	42
Tablica 27. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Grad Zagreb .....	42
Tablica 28. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2012. za Grad Zagreb .....	43
Tablica 29. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za županiju Grada Zagreba .....	43
Tablica 30. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Grad Zagreb .....	45
Tablica 31. Granični uvjeti potrebni za prognozu i projekciju .....	46
Tablica 32. Ulazni socioekonomski podaci za LCA-IWM program .....	48



Tablica 33. Primjer skaliranja odloženog otpada za Zagrebačku županiju .....	49
Tablica 34. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Zagrebačku županiju .....	50
Tablica 35. Projekcija količine odloženog miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Zagrebačku županiju .....	50
Tablica 36. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Zagrebačku županiju .....	51
Tablica 37. Maseni udio elemenata sadržanih u pojedinoj vrsti otpada te njihova ogrjevna vrijednost [2] .....	52
Tablica 38. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Zagrebačku županiju .....	52
Tablica 39. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Krapinsko-zagorsku županiju .....	53
Tablica 40. Projekcija količine odloženog miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Krapinsko-zagorsku županiju .....	53
Tablica 41. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Krapinsko-zagorsku županiju .....	54
Tablica 42. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Krapinsko-zagorsku županiju .....	54
Tablica 43. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Varaždinsku županiju .....	55
Tablica 44. Projekcija količine miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Varaždinsku županiju .....	55
Tablica 45. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Varaždinsku županiju .....	56
Tablica 46. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Varaždinsku županiju ....	56
Tablica 47. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Koprivničko-križevačku županiju .....	57
Tablica 48. Projekcija količine miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Koprivničko-križevačku županiju .....	57
Tablica 49. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Koprivničko-križevačku županiju .....	58
Tablica 50. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Koprivničko-križevačku županiju .....	58
Tablica 51. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Međimursku županiju .....	59
Tablica 52. Projekcija količine odloženog miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Međimursku županiju .....	59
Tablica 53. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Međimursku županiju .....	60
Tablica 54. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Međimursku županiju ....	60
Tablica 55. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za županiju Grada Zagreba .....	61
Tablica 56. Projekcija količine odloženog miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za županiju Grada Zagreba .....	61
Tablica 57. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za županiju Grada Zagreba ....	62
Tablica 58. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za županiju Grada Zagreba .....	62
Tablica 59. Tehno-ekonomski podaci postrojenja za TOO i postrojenja na biomasu [2] .....	64
Tablica 60. Prikaz cijena, prihoda i rashoda postrojenja za TOO u 4. godini rada .....	65
Tablica 61. Tok rashoda i prihoda ovisnih o količini miješanog komunalnog otpada .....	66
Tablica 62. Struktura investicijskih troškova i amortizacijski periodi postrojenja za TOO ....	66
Tablica 63. Ekonomski tok novca postrojenja za TOO .....	67
Tablica 64. Utjecaj promjene cijene toplinske i električne energije te naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO .....	68
Tablica 65. Struktura investicijskih troškova i amortizacijski periodi postrojenja za TOO uključujući pretovarne stanice .....	72
Tablica 66. Usporedba dovezenog otpada s odlagališta i potrebnog za puni pogon spalionice .....	74

---

Tablica 67. Tok varijabilnih rashoda ovisnih o količini miješanog komunalnog otpada s troškovima prijevoza zbog pretovarnih stanica.....	75
Tablica 68. Tok varijabilnih prihoda ovisnih o količini miješanog komunalnog otpada.....	76
Tablica 69. Ekonomski tok novca postrojenja za TOO s pretovarnim stanicama .....	76
Tablica 70. Utjecaj promjene cijene toplinske i električne energije te naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO s pretovarnim stanicama .....	78

**POPIS OZNAKA**

<b>Oznaka</b>	<b>Jedinica</b>	<b>Opis</b>
CTS	-	Centralizirani toplinski sustav
EU	-	Europska unija
TOO	-	Termička obrada otpada
KO	-	Komunalni otpad
SZ HRV.	-	Sjeverozapadna Hrvatska
AZO	-	Agencija za zaštitu okoliša
GZ	-	Grad Zagreb
DHS	-	District heating systems
EU	-	European Union
WtE	-	Waste to energy
CHP	-	Combined heat and power
MSW	-	Municipal solid waste
NW Croatia	-	North-western Croatia
LHV	-	Lower Heating Value

## SAŽETAK

Centralni toplinski sustavi (CTS) jedan su od načina kojima bi se mogli dostići ciljevi postavljeni EU direktivama o smanjenju potrošnje primarne energije. Samim time oni su od iznimnog interesa za Hrvatsku. CTS-i su izuzetno bitni radi mogućnosti efikasne proizvodnje i distribucije toplinske energije te zbog toga što omogućavaju implementaciju širokog opsega izvora energije. Prednosti koje dolaze s implementacijom CTS-a su znatne, a uključuju sigurnu opskrbu energijom, uštedu primarne energije te mogućnost reguliranja potrošnje energije. Napretkom tehnologija CTS-a se poboljšava i dobiva mogućnost razvoja novih tehnologija u proizvodnji topline poput dizalica topline, kogeneracija na biomasu, modernih spalionica otpada itd. Kako bi se zadovoljile EU direktive, kao jedno od mogućih rješenja u Gradu Zagrebu je izgradnja postrojenja za termičku obradu otpada (TOO) u naselju Resnik. Time bi se, osim gore navedenog, našlo rješenje i za prekomjerno skupljanje otpada u Zagrebu, ali i drugim županijama sjeverozapadne (SZ) Hrvatske. Na pozicijama postojećih odlagališta ugradile bi se pretovarne stanice iz kojih bi se otpad odvezio do postrojenja za TOO i spaljivao, omogućivši dobivanje toplinske i električne energije, čime bi se pridonijelo cjelokupnom CTS-u. Napravljen je popis odlagališta po županijama te su skupljeni podaci o njihovim pozicijama (koordinate) te količini i sastavu skupljenog komunalnog otpada, nakon čega je napravljena projekcija otpada do 2030. godine. Potom je napravljena usporedna ekonomska analiza pogona spalionice otpada samo s otpadom na području Grada Zagreba te prilikom pogona spalionice korištenjem otpada i s područja ostalih županija SZ Hrvatske (uključujući prijevoz i pretovarne stanice). Na kraju je postavljena analiza utjecaja promjene vrijednosti otkupne cijene toplinske i električne energije te cijene otpada i biomase na isplativost investicije.

Ključne riječi: sustav gospodarenja otpadom, Zagreb, sjeverozapadna Hrvatska, miješani komunalni otpad, termička obrada otpada (TOO), ekonomska analiza, količina otpada, sastav otpada.

## **SUMMARY**

District heating systems (DHS) are one of the elements that can help meet the goals set by the EU Directives for the reduction of primary energy consumption. Therefore, they are of high interest to Croatia. DHS are essential for their heat production that can be produced with a wide variety of energy sources with high efficiency. The advantage of DH systems are substantial and include secure heat energy supply, primary energy savings and possibility of regulating energy consumption. With technological advance, DH systems also improve so it is expected new technologies to be brought in terms of heat generation such as heat pumps, , biomass CHP, waste to energy plants (WtE plants) - incinerators etc. To satisfy EU Directives and regulatives, City of Zagreb and wide region around it (NW Croatia) decided to build plant for thermal treatment of waste in Resnik (Zagreb). Except for the above reasons, such a project could bring end to excessive waste collection in mentioned region. Today's landfills would be „converted“ into transfer stations from which deposited waste could be taken and brought to WtE plants for incineration. That way, generation of heat and electric energy could be made which should greatly contribute to whole DHS. List of all landfills in NW Croatia was made with collected data about composition and amount of waste which were later used for analysis and future waste prediction from now to 2030. Afterwards, comparative economic analysis was calculated for 2 cases: operation of incinerator with waste only provided from City of Zagreb and full operation of incinerator with extra waste brought from other counties of NW Croatia (including transport and transfer stations). In the end, analysis of the impact of changes in value was made between purchased price of heat and electric energy (including waste and biomass price) in addition to return of investment.

Key words: waste management system, Zagreb, NW Croatia, MSW, thermal treatment of waste, economic analysis, amount of waste, composition of waste.

## 1. UVOD

Centralni toplinski sustavi (CTS) sve su bitnija i češća tema zemalja EU-a. Diskusije i razmatranja u kontekstu budućeg razvoja energetskog sustava dovode do zaključka da je unapređenje CTS-a neminovno kako bi se ispunili dani ciljevi. Prvi paket ciljeva donesen je 2007. godine kroz integrirani paket mjera s ciljem smanjenja emisija stakleničkih plinova [1]. Nedugo zatim, 2008. godine predstavljen je Energy Efficiency Action Plan and Climate Action: Energy for a Changing World. Ovim paketom prijedloga pokazalo se da ciljevi koji su dogovoreni 2007. godine, između vođa država EU27, nisu samo dostizivi, nego predstavljaju odličnu ekonomsku priliku za Europu. Dokument prikazuje strategiju poznatu kao 20-20-20 po kojoj bi svaka zemlja članica EU trebala ostvariti:

- 20% smanjenje ukupne potrošnje energije u odnosu na temeljnu projekciju u 2020. godini;
- 20% smanjenje emisije stakleničkih plinova u 2020. godini u odnosu na 1990. godinu;
- 20% obnovljivih izvora energije u bruto neposrednoj potrošnji u 2020. godini.

Europska komisija i parlament nakon vijećanja usvaja ove mjere i daje im dodatnu važnost kao temelj za daljnji napredak u energetskom sektoru.

Kako bi se ostvarili dani ciljevi, potrebno je bilo analizirati i procijeniti ne samo energetske izvore i tehnologije kojima bi se stvorila potrebna električna i toplinska energija, nego i potrošačka strana. Drugim riječima, nužno je bilo proučiti energetske potrebe samog potrošača te pokušati smanjiti nepotrebne gubitke koji bi se dogodili prijenosom ili korištenjem (raspolaganjem) krajnjeg potrošača. Optimizacija i smanjenje troškova, kako bi se rasteretio energetski sustav i potrebe za energijom, dovele su do novog seta pravila i direktivi. Uvidjela se važnost kogeneracije u smanjenju potrošnje primarne energije (kako bi se optimizirala potreba za grijanjem i hlađenjem). Sve to rezultiralo je uvođenjem i usvajanjem direktive krajem 2012. godine pod nazivom Energy Efficiency Directive 2012/27/EU. Osim mjera za poticanje energetske učinkovitosti, izdane su i smjernice o članku 14 „Promotion of efficiency in heating and cooling“ koje se nalaze u istoj direktivi. Opći cilj članka 14 Direktive 2012/27/EU je poticanje identifikacije ekonomski isplativog načina povećanja energetske učinkovitosti prvenstveno kroz korištenje visokoučinkovitih kogeneracija, učinkovitog područnog grijanja i hlađenja i uporabu otpadne topline.

Učinkovito grijanje i hlađenje obuhvaća uporabu toplinske energije iz kogeneracija i obnovljivih izvora energije, uporabu otpadne topline iz industrijskih procesa za zadovoljavanje toplinskih i rashladnih potreba i generalno sve načine grijanja i hlađenja koji omogućavaju uštedu primarne energije u odnosu na bazni scenarij. Države članice su dužne poduzeti odgovarajuće korake kako bi osigurale razvoj identificiranih potencijala, ako je identificirana potencijalna ekonomska isplativost [2].

Dosadašnji rezultati pokazuju da je Europska unija na dobrom putu da ostvari zadane ciljeve. Dok su dva uvjeta strategije 20-20-20 vrlo izgledna da će biti ostvarena, zadnji uvjet koji zahtjeva smanjenje ukupne potrošnje energije vrlo vjerojatno neće biti ispunjen. Unatoč tome, treba težiti što boljim rezultatima kao ohrabrenje da se nastave zadani ciljevi. Kako je rečeno na početku, CTS će igrati vrlo važnu ulogu pogotovo u ovom zadnjem zahtjevu pa niti ne čude promjene koje bi se uskoro mogle dogoditi u tom smjeru. Jedna od njih će biti i obrađena u ovom diplomskom radu vezano za specifično područje CTS-a, a to je korištenje postrojenja za termičku obradu otpada koje je jedno od vrlo izglednih solucija za zadovoljavanje potreba za električnom i toplinskom energijom u području Grada Zagreba. Za takvo što potrebna je vrlo temeljita briga za otpadom te dobro organiziran sustav gospodarenja otpadom.

## 2. TOPLINSKI SUSTAVI

Toplinski sustav je tehnički sustav koji se sastoji od uređaja i opreme za proizvodnju toplinske energije, unutarnjih i vanjskih instalacija ili distribucijske mreže te omogućuje opskrbu toplinskom energijom, a može biti samostalni, zatvoreni ili centralni toplinski sustav [3].

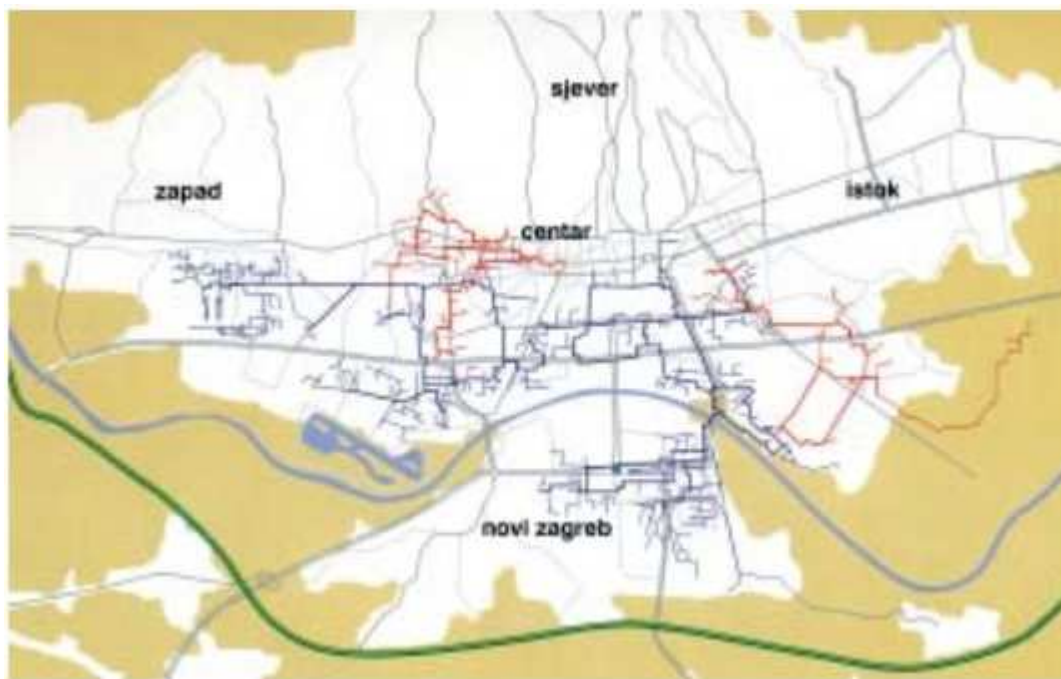
- Samostalni toplinski sustav - toplinski sustav preko kojeg se jednoj zgradi/građevini koja se sastoji od više samostalnih uporabnih cjelina isporučuje toplinska energija radi obračuna toplinske energije
- Zatvoreni toplinski sustav - toplinski sustav koji obuhvaća više industrijskih i/ili stambeno-poslovnih zgrada/građevina, koje počinje mjestom preuzimanja ulaznog energenta za proizvodnju toplinske energije do mjesta razgraničenja s kupcem, a uključuje mjerila toplinske energije i vanjske instalacije, koje su kraće od 2000 metara i ima priključeno manje od 500 samostalnih uporabnih cjelina
- **Centralni toplinski sustav (CTS)** - toplinski sustav koji se sastoji od proizvodnog postrojenja toplinske energije (toplane, kotlovnice) i distribucijske mreže duljine veće od 2000 metara; CTS obuhvaća veći broj stambenih/poslovnih zgrada s priključenih više od 500 samostalnih uporabnih jedinica (stambenih/poslovnih prostora) [3]

Pod CTS mogu se ubrojiti različita kogeneracijska postrojenja u kojima izgaraju fosilna goriva, toplane, postrojenja na biomasu, **postrojenja za termičku obradu otpada (spalionice)**, ali i postrojenja s obnovljivim izvorima energije poput geotermalne energije, toplinskih pumpi (dizalica toplina), sunčeve energije (central solar heating) itd. Također unutar CTS-a mogu spadati i nuklearne elektrane.

Centralni toplinski sustav u Zagrebu sastoji se od dviju toplana - Termoelektrane-toplane na Žitnjaku (TE-TO) i Elektrane-toplane (EL-TO) u Zagorskoj ulici te distributivne vrelovodne mreže duljine oko 200 km. U pogonu je tijekom cijele godine. Na taj način podmiruje potrebe svojih potrošača za energijom za grijanje u zimskom razdoblju i za potrošnom toplom vodom svih 365 dana u godini [4].



O važnosti Centralnog toplinskog sustava koji Zagreb opskrbljuje toplinskom energijom za grijanje i pripremu potrošne tople vode najbolje govore brojčani pokazatelji: na njega je priključeno oko 1000 stambenih i poslovnih zgrada, odnosno time je osigurana toplina za gotovo 300 000 stanovnika. Uz to, tu je i oko 2000 toplinskih stanica u zgradama širom Zagreba.



Slika 1. CTS Zagreb [4]

### 3. GOSPODARENJE OTPADOM

Kako je rečeno u prijašnjem poglavlju da pod CTS spadaju i postrojenja za termičku obradu otpada, bitno je objasniti sustav koji stoji iza toga. Uz TE-TO i EL-TO izgradnja takvog postrojenja dodatno doprinijelo pokrivanju toplinskih (a i električnih) potreba Grada Zagreba. S obzirom da je tema ovoga rada analiza sustava gospodarenja otpadom te moguća izgradnja spalionice otpada u naselju Resnik (grad Zagreb), u ovom radu posvetit će se pažnja toj grani koja bi se u budućnosti mogla priključiti CTS-u grada Zagreba.

Gospodarenje otpadom vrlo je složena djelatnost koja zahvaća sve grane gospodarstva, proizvodnje i potrošnje, a sadrži čitav niz postupaka i tehnologija od kojih se veliki dio primjenjuje u različitim oblicima.

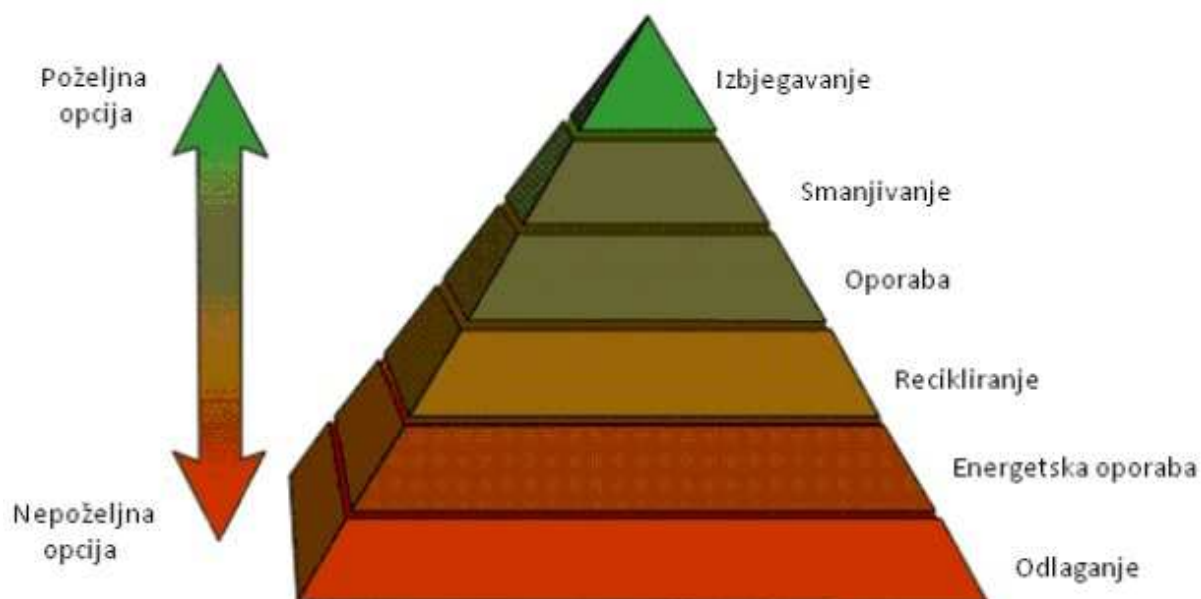
Pojam i sustav vezan je uz različite vrste otpada stvorenih ekstrakcijom sirovih materijala, obradom sirovih materijala u međuproizvode ili završne proizvode, trošenjem završnih proizvoda ili drugih ljudskih aktivnosti uključujući općenite (otpad nastao stanovanjem, kretanjem i prisutnošću na drugim mjestima), poljoprivredne i posebne (otpad nastao u zdravstvu, opasni otpad, kanalizacijski otpad i slično). Gospodarenjem otpada žele se smanjiti negativne posljedice na zdravlje i okoliš [5] [6].

#### 3.1. Postupci gospodarenja otpadom

U okviru cjelovitog sustava gospodarenja otpadom, zastupljeni su sljedeći važniji postupci, zavisno o vrsti i svojstvima otpada [5]:

- a) Izbjegavanje nastajanja otpada i smanjivanje opasnih svojstava
- b) Skupljanje i prijevoz otpada
- c) Vrednovanje - uporaba otpada:
  - odvojeno skupljanje
  - reciklaža
  - mehanička obrada
  - spaljivanje s i bez rekuperacije energije
  - piroliza
  - biološka obrada - anaerobna, aerobna i mehaničko-biološka

- termička obrada
  - kemijsko fizikalna obrada
- d) Konačno zbrinjavanje ostatnog otpada - odlaganje na deponiju s i bez proizvodnje bioplina



**Slika 2. Dijagram hijerarhije otpada od najpoželjnije opcije do najnepoželjnije [6]**

Kao što se može vidjeti iz slike 2. najpoželjnija opcija bi bila izbjegavanje stvaranja otpada čime slijedi minimizacija. Drugim riječima, ako je stvaranje nužno onda smanjivanje nagomilavanja otpada. Sljedeće bi bilo ponovno korištenje (oporaba), a ako to nije moguće onda recikliranje otpada. Kao najniže opcije nudi se proces energetske oporabe i na kraju najgora, odlaganje i rješavanje otpada bez ikakvog načina da ga se iskoristi. Zbog sve veće problematike odlaganja stvorila se potreba za pronalaskom rješenja u smislu kako iskoristiti i „riješiti se“ tog otpada kako ne bi narušavao okoliš i zdravlje ljudi i životinja.

Način zbrinjavanja otpada u svakoj zemlji ovisi uvelike o ekonomskim čimbenicima, stanju svijesti i volje stanovnika, mogućnosti provođenja planskog zbrinjavanja (administracija) te geografskim, prometnim i ekološkim čimbenicima (reljef, dostupnost mjesta, flora i fauna).



**Slika 3. Gospodarenje otpadom u Kathmandu, Nepal [6]**



**Slika 4. Gospodarenje otpadom u Stockholmu, Švedska [6]**

### 3.2. Obrada otpada

**Mehaničko biološka obrada.** Cilj mehaničko bioloških obrada je smanjiti volumen obrađenom komunalnom otpadu, kroz izdvajanje pojedinih vrsta otpada koje se mogu sirovinski iskoristiti.

**Kompostiranje.** Kompostiranje je prirodan proces razgradnje biomase. Priroda sama reciklira svoj otpad u kružnom sustavu izmjene tvari i energije. Procesom kompostiranja nastaje visokovrijedan kompost (humus) te CO<sub>2</sub> kao posljedica metabolizma razgrađivača. Više od trećine ukupnog otpada koji nastaje u domaćinstvima je biootpad. Njegovim izdvajanjem tj. kompostiranjem, ne samo da smanjujemo količinu otpada na deponijima najmanje za trećinu, već i ostali reciklabilni otpad čuvamo od onečišćenja i neugodnih mirisa koji bi mogli nastati miješanjem. Također kompostiranjem čuvamo atmosferu od stakleničkih plinova jer se na deponijima biootpad anaerobno razgrađuje, tj. bez prisustva kisika što uz neugodan miris predstavlja i zapaljivi plin metan koji je 26 puta jači staklenički plin od CO<sub>2</sub>.

**Fermentacija.** Fermentacija je anaerobna biološka obrada otpada i češće se primjenjuje u obradi muljeva, pri čemu se stvara bioplin kao glavni produkt fermentacije.

**Termička obrada.** Osnovne vrste termičke obrade su: spaljivanje (suspaljivanje) i piroliza. Prilikom termičke obrade otpada elementarne tvari se ne mogu uništiti. U dimnim plinovima nakon izgaranja one međusobno reagiraju pa nastaju novi spojevi. Piroliza je kemijska razgradnja organskih tvari djelovanjem topline na visokoj temperaturi, bez prisutnosti kisika i vode čime se dobivaju čisti elementi (gdje se pritom velikom molekule prvo razgrađuju na manje itd.) [5] [6].

### 3.3. Obrada s obzirom na vrstu otpada

**Komunalni otpad** može se reciklirati, spaliti, pirolizirati, od njega se može proizvoditi gorivo, biološki obraditi i odložiti na deponij.

**Industrijski otpad** može se reciklirati, spaliti, pirolizirati, može se odložiti na deponij, ali se od njega ne može proizvoditi gorivo, niti se može biološki obraditi.

**Poljoprivredni otpad** ne može se reciklirati, može ga se spaliti i pirolizirati, od njega se može proizvoditi gorivo, biološki ga obraditi, smije ga se odložiti na otpad.

**Bolnički otpad** ne može se reciklirati, može ga se spaliti i pirolizirati, od njega se ne može proizvoditi gorivo, ni biološki obraditi, niti ga se smije odložiti na deponij.

**Građevinski otpad**, pepeo i mulj jedino se može odložiti na deponij.

**Opasni otpad** ne može se reciklirati, može ga se spaliti i pirolizirati, od njega se ne smije proizvoditi gorivo, ni biološki obraditi, niti ga se smije odložiti na deponij. Radioaktivni otpad je također klasificiran kao opasni otpad.

Sortiranjem otpada može se proizvesti gorivo za posebne vrste termoelektrana (elektrane na biomasu i otpad) u kojima se umjesto konvencionalnih goriva spaljuje otpad.

### 3.4. Odlagalište otpada

Odlagalište otpada (deponij, smetlište) je prostor namijenjen za trajno odlaganje otpada, kao organizirane komunalne djelatnosti. U sklopu odlagališta otpada mogu se nalaziti i građevine za skladištenje te obradu otpada. Jedno od najpoznatijih odlagališta otpada u Hrvatskoj je Jakuševac u Zagrebu.

#### 3.4.1. Kategorije odlagališta

Odlagališta su grupirana prema kategorijama, odnosno pravnom statusu, veličini, vrstama odloženog otpada, stanju aktivnosti, utjecaju na okoliš i opremljenosti.

Aktivna odlagališta mogu se svrstati u 5 kategorija [18]:

**Legalna odlagališta otpada** su prostori za (trajno) odlaganje otpada, predviđene odgovarajućim prostorno-planskim dokumentima i sagrađene u skladu s važećim propisima, a rade uz odobrenje nadležnog tijela na temelju provedene procjene o utjecaju na okoliš te ishodenih dozvola.



**Slika 5. Uređeno odlagalište otpada**

**Odlagališta otpada u postupku legalizacije** su prostori za (trajno) odlaganje otpada, predviđene odgovarajućim prostorno-planskim dokumentima za koje je započelo ishodenje potrebnih dozvola, ali još nije dovršen postupak procjene utjecaja na okoliš.

**Službena odlagališta otpada** su, uglavnom, veći neuređeni prostori za (trajno) odlaganje otpada, predviđeni odgovarajućim prostorno-planskim dokumentima, za koja nije proveden postupak procjene utjecaja na okoliš niti raspolažu ijednom od neophodnih dozvola, a rade na temelju rješenja ili odluke nadležnog tijela te su u sustavu službeno organiziranog dovoza otpada ovlaštenih komunalnih poduzeća.

**Dogovorna odlagališta otpada** su, uglavnom, neuređeni manji prostori za odlaganje otpada koji nisu predviđeni odgovarajućim prostorno-planskim dokumentima i za koje nije proveden postupak procjene utjecaja na okoliš. Ona ne raspolažu nijednom od neophodnih dozvola, ali djeluju uz znanje ili u dogovoru s nadležnim tijelom. Uglavnom nisu u sustavu službeno organiziranog dovoda otpada ovlaštenih osoba.

**„Divlja“ odlagališta otpada** su manji neuređeni prostori koji nisu predviđeni za odlaganje otpada, a formirali su ih najčešće građani bez prethodnog znanja tijela lokalne samouprave. Ne raspolažu nikakvim dokumentima relevantnim za njihovo djelovanje, a otpad uglavnom individualno dovoze građani.





**Slika 6.    Nekontrolirano odlagalište otpada**

### **3.5.    Katalog otpada**

Različitim pristupom odlaganja otpada došlo je do potrebe razvrstavanja radi kontrole i uvida što se baca. Time je izrađen Katalog otpada kojem je svrha kategorizacija otpada, tj. svrstavanje u skupine radi lakšeg prepoznavanja. AZO predlaže i provodi upute dane iz kataloga. Prema katalogu, otpad se dijeli na 20 različitih kategorija koje se pritom kasnije dijele na podkategorije radi boljeg pregleda i točnog uvida o kakvoj se vrsti otpada radi.

Primjera radi, miješani komunalni otpad imat će ključni broj otpada 20 03 01. 20 označava da se radi o komunalnom otpadu (otpad iz kućanstava i slični otpad iz industrijskih i zanatskih pogona i iz ustanova) uključujući odvojeno prikupljeni sastojci, 03 ga svrstava u kategoriju ostalog komunalnog otpada, a 01 konačno definira da je to miješani komunalni otpad. Na sljedećim slikama bit će vidljiva osnovna podjela otpada ovisno o djelatnostima iz kojih proizlazi te detaljnija podjela i prikaz svrstavanja ostalog komunalnog otpada (20 03) [7].



01 00 00	Otpad koji nastaje kod istraživanja i kopanja ruda, iskopavanja i drobljenja kamena i od fizičkog i kemijskog obrađivanja ruda
02 00 00	Otpad iz poljodjelstva, vrtlarstva, proizvodnje vodenih kultura, šumarstva, lova i ribarstva, pripremanja hrane i prerade
03 00 00	Otpad od prerade drveta i proizvodnje ploča i namještaja, celuloze, papira i kartona
04 00 00	Otpad iz kožarske, krznarske i tekstilne industrije
05 00 00	Otpad od prerade nafte, pročišćavanja prirodnog plina i pirolitičke obrade ugljena
06 00 00	Otpad iz anorganskih kemijskih procesa
07 00 00	Otpad iz organskih kemijskih procesa
08 00 00	Otpad od proizvodnje, formulacija, prodaje i primjene premaza (boje, lakovi i staklasti emajli), ljepila, sredstva za brtvljenje i tiskarskih boja
09 00 00	Otpad iz fotografske industrije
10 00 00	Otpad iz termičkih procesa
11 00 00	Otpad koji potječe od kemijske površinske obrade i zaštite metala; hidrometalurgije neželjeznih metala
12 00 00	Otpad od oblikovanja i površinske fizičko-kemijske obrade metala i plastike
13 00 00	Otpadna ulja i otpad od tekućih goriva (osim jestivog ulja i otpada iz grupa 05, 12 i 19)
14 00 00	Otpadna organska otapala, rashladni i potisni mediji (osim 07 00 00 i 08 00 00)
15 00 00	Otpadna ambalaža; apsorbenzi, materijali za brisanje i upijanje, filteri materijali i zaštitna odjeća koja nije specificirana na drugi način
16 00 00	Otpad koji nije drugdje specificiran u katalogu
17 00 00	Građevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući i otpad od iskapanja onečišćenog tla)
18 00 00	Otpad koji nastaje kod zaštite zdravlja ljudi i životinja i/ili srodnih istraživanja (isključujući otpad iz kuhinja i restorana koji ne potječe iz neposredne zdravstvene zaštite)
19 00 00	Otpad iz uređaja za obradu otpada, gradskih otpadnih voda i pripremu pitke vode i vode za industrijsku uporabu
20 00 00	Komunalni otpad (otpad iz domaćinstava, trgovine, zanatstva i slični otpad iz proizvodnih pogona i institucija), uključujući odvojeno prikupljene frakcije

Slika 7. Popis djelatnosti koje generiraju otpad [7]

20 02	otpad iz vrtova i parkova (uključujući otpad sa groblja)
20 02 01	biorazgradivi otpad
20 02 02	zemlja i kamenje
20 02 03	ostali otpad koji nije biorazgradiv
20 03	ostali komunalni otpad
20 03 01	miješani komunalni otpad
20 03 02	otpad s tržnica
20 03 03	ostaci od čišćenja ulica
20 03 04	muljevi iz septičkih jama
20 03 06	otpad nastao čišćenjem kanalizacije
20 03 07	glomazni otpad
20 03 99	komunalni otpad koji nije specificiran na drugi način

Slika 8. Ključni brojevi unutar djelatnosti koja generira otpad

U postupku identificiranja otpada u katalogu otpada potrebno je poduzeti sljedeće korake [7]:

1. Identificirati djelatnosti koje generiraju otpad u grupama 01 do 12 ili 17 do 20 i identificirati odgovarajući šesteroznamenkasti ključni broj otpada (isključujući ključne brojeve koji se završavaju sa znamenkama 99 unutar navedenih grupa). Aktivnosti određenih proizvodnih jedinica su klasificirane u više grupa. Npr. proizvođač automobila može pronaći svoj otpad naveden u grupi 12 (otpad od oblikovanja i površinsko fizičko-kemijske obrade metala), 11 (anorganski otpad koji sadrži metale od kemijske površinske obrade i zaštite metala) i 08 (otpad od primjene premaza) ovisno o različitim stupnjevima proizvodnje. Napomena: odvojeno skupljeni ambalažni otpad (uključujući mješavine različitih ambalažnih materijala) treba klasificirati pod 15 01, a ne 20 01.
2. Ako se ne može identificirati ključni broj otpada u grupama 01 do 12 ili 17 do 20, tada identifikaciju otpada treba potražiti u grupama 13, 14 ili 15.
3. Ako nijedan od ključnih brojeva ne odgovara, otpad je potrebno identificirati u grupi 16.
4. Ako traženi otpad nije ni u grupi 16, mora se koristiti ključni broj sa znamenkama 99 (otpad koji nije na drugi način specificiran) prema djelatnostima generiranja otpada.

U kasnijim poglavljima pri analizi i raspodjeli otpada na odlagalištima bit će zorno prikazana kategorizacija otpada (ključni broj otpada te opis kategorije u koju spada).

## 4. TERMIČKA OBRADA OTPADA - SPALJIVANJE

### 4.1. Spaljivanje

Spaljivanje je proces obrade otpada koji uključuje izgaranje organskih tvari u otpadnim materijalima. Spaljivanje i drugi visokotemperaturni tretmani za obradu otpada nazivaju se „termička obrada“. Spalionice smanjuju volumen otpada (prethodno komprimiranog u kamionima za odvoz otpada) za 95-96%. To znači da se zamjenom odlaganja otpada sa spaljivanjem otpada značajno smanjuje potreban volumen za odlaganje otpada. kamioni za odvoz otpada često imaju ugrađen kompresor pa smanjuju obujam otpada prije isporuke spalionicama. Alternativno na odlagalištima otpada, volumen nekompresiranog otpada može biti smanjen za oko 70% pomoću statičnog čeličnog kompresora, ali sa značajnim troškovima energije [8].

### 4.2. Vrste spalionica

Spalionice otpada, osim velikih komunalnih sustava, mogu biti i manje, „šaržne“ spalionice. Primjeri takvih spalionica su: spalionice animalnog otpada (otpada životinjskog podrijetla kao što je otpad iz klaonica, uginuća s farmi...), spalionice medicinskog otpada (infektivnog i općenito medicinskog), spalionice industrijskog otpada i slično. Prednost takvih spalionica otpada je ta što se otpad (osobito potencijalno infektivan otpad kao što je animalni ili medicinski) zbrinjava na mjestu nastanka, bez potrebe za rizičnim i skupim transportom istog. Na taj se način umanjuje opasnost od širenja zaraznih bolesti i najčešće umanjuje trošak zbrinjavanja otpada.

**Moderne spalionice** ovakvog tipa su dvokomorne spalionice, kod kojih se otpad spaljuje u primarnoj komori pod kontroliranim uvjetima, a dimni plin se provodi u sekundarnu komoru gdje se zadržava određeno vrijeme na vrlo visokim temperaturama kako bi se komponente dimnog plina razložile. Ovakve spalionice mogu biti mobilne, sa opremom za neovisan rad na terenu (opremljene vlastitim izvorom energije) ili stacionarne [9].



**Slika 9. Spalionica otpada Spittelau (Beč, Austrija)**



**Slika 10. Spalionica otpada Maishima (Osaka, Japan)**

Gore su dani primjeri, tj. slike modernih spalionica gdje valja napomenuti da spalionica otpada Maishima koristi toplinu za proizvodnju električne energije, dok Spittelau osigurava područno grijanje. Ipak, jedna od najpoznatijih spalionica ili bolje rečeno WtE u Europi Isséane nalazi se u Parizu uz rijeku Seine. U pogonu je od 2007., kao „gorivo“ koristi samo otpad, konfiguracije 1x50 MW CHP. Više od polovice postrojenja nalazi se pod zemljom.

Projektiran je na takav način kako bi se što više smanjio vizualni utjecaj na okoliš. Kapacitet miješanog komunalnog otpada koji može obraditi iznosi 460 000 t/a (MSW) [10].



**Slika 11. WtE Postrojenje Isséane (Pariz, Francuska)**

#### **4.3. Proizvodnja energije iz otpada**

Korištenje otpada u proizvodnji energije ili energije iz otpada je proces dobivanja energije u obliku električne energije ili topline najčešće putem termičke obrade otpada ili anaerobne digestije. Otpadna energija je obnovljeni oblik energije. Većina procesa dobivanja struje iz otpadne energije sastoji se od izravnog spaljivanja, ili od dobivanja goriva, kao što su metan, metanol, etanol ili sintetička goriva. Toplina dobivena spaljivanjem otpada može biti korištena za proizvodnju pare koja može pokretati turbine i tako proizvoditi električnu energiju [11]. Prema izvorima odnos proizvodnje električne i toplinske energije (electricity/heat production ratio) iznosi oko 0,4 [2]. Spalionice imaju električne učinkovitosti reda veličine 14-28% [14]. Ostatak energije može biti iskorišten za npr. područno grijanje iz toplane ili ostati neiskorišten u obliku otpadne topline. Sva nova postrojenja za energiju iz otpada u zemljama Organizacije za ekonomsku suradnju i razvoj (OECD) moraju zadovoljiti određene emisijske standarde, uključujući one za dušikove okside ( $\text{NO}_x$ ), sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), teške metale i dioksine [13]. Stoga, moderni tipovi spalionica neizmjereno se razlikuju od starih, od kojih neke niti su koristile obnovu energije niti obnovu materijala. Moderne spalionice smanjuju volumen originalnog otpada za 95-96%, ovisno o sastavu otpada i mjeri obnavljanja materijala kao što je upotreba pepela u recikliranju.

Države oskudnih resursa kao što su Japan, Danska i Švedska su više od stoljeća prednjačile u korištenju energije, dobivene spaljivanjem, iz lokalnih postrojenja koja su proizvodila toplinsku i električnu energiju. U 2005. godini u Danskoj su spalionice otpada proizvele 4,8% električne energije od ukupne potrošnje električne energije i 13,7% toplinske energije potrebne za grijanje kućanstva. Niz drugih europskih zemalja, posebno Luksemburg, Nizozemska, Njemačka i Francuska, oslanjaju se na spaljivanje, kao način zbrinjavanja komunalnog otpada.

#### ***4.3.1. Proizvodnja i dobivanje energije iz komunalnog otpada***

Porastom životnog standarda raste i proizvodnja komunalnog otpada, za čije zbrinjavanje već odavno nisu adekvatna odlagališta na kojima se otpad prethodno ne sortira, mehanički obrađuje, a potom i djelomično reciklira. Velika količina otpada koji se odlaže u blizini većih naselja ili gradova negativno utječe na zdravlje ljudi, ali i kvalitetu života općenito. Izgaranjem otpada u postrojenju za termičku obradu otpada značajno se smanjuje volumen (do 90%) i masa odloženog ostatka izgaranja (do 75%) [12].

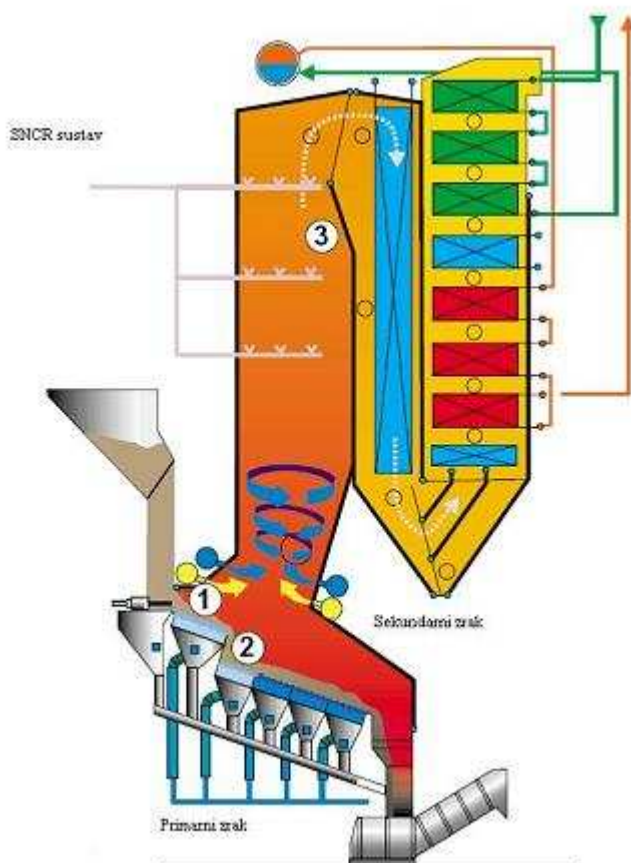
Metoda korištenja spalionica za pretvorbu komunalnog otpada u energiju je relativno stara metoda proizvodnje energije iz otpada. Spaljivanjem se općenito podrazumijeva izgaranje goriva dobivenog iz otpada, koji služi za proizvodnju pregrijane pare koja napaja generatore na paru koji onda proizvode električnu energiju za kućanstva i poslovne objekte. Jedan od problema povezanih s pretvorbom spaljenog komunalnog otpada u električnu energiju je veliki potencijal da zagađeni dimni plinovi pušteni iz kotla uđu u atmosferu. Navedeni zagađeni dimni plinovi mogu biti kiselog djelovanja i 1980-ih uzrokovali su ekološku katastrofu pretvarajući običnu kišu u kiselu kišu. Od toga događaja, industrija je riješila taj problemom upotrebom vapnenih četki i elektrostatskih taložnika u dimnjacima. Mineral vapnenaca korišten u ovim četkama ima pH vrijednost reda veličine 8 što znači da je lužnat. Prolaskom dima kroz vapnene četke, sve kiseline koje mogu biti sadržane u dimu će biti neutralizirane (kiselina + lužina = sol + voda). Na taj način vapnene četke sprječavaju emisiju kiselina u atmosferu, a time i mogućnost ekološke katastrofe (kisele kiše). Moderne spalionice navodno su toliko čiste i imaju tako male emisije štetnih plinova u atmosferu da daleko veću opasnost od emitiranja dioksina u atmosferu predstavljaju ispusti iz kamina u domaćinstvu ili s dvorišnih roštilja nego iz spalionice [15].

Osim problema zbrinjavanja otpada, svijet se suočava s problemom dobave energije. osigurati i dobiti dovoljnu količinu energije među najvažnijim su zadaćama u razvijenim, ali i tranzicijskim zemljama koje bilježe snažan gospodarski rast. U tom smislu, uporaba otpada predstavlja jedno od rješenja za smanjenje ovisnosti o energiji. U otpadu je koncentrirana energija. Ova činjenica sama je dovoljna kako bi se zaključilo da je energetska iskoristivost otpada potreba, koja će u bliskoj budućnosti biti još izraženija.

#### *4.3.1.1. Tehnologija izgaranja na rešetki*

Izgaranje krutog komunalnog otpada na rešetki je najrasprostranjenije rješenje za termičko zbrinjavanje i uporabu otpada. Otpad iz domaćinstva ili komunalni otpad dovodi se cestovnim putem (kamionima) i odlaže u spremnik za otpad. Prije ubacivanja u ložište, otpad se može podvrgnuti mehaničkoj obradi, najčešće samo grubom usitnjavanju. Ukoliko se dostavljeni otpad prethodno mehanički ne usitni, obično je vrlo heterogen po sastavu i veličini čestica. Tada se lijevak kojim otpad dopire u ložište dimenzionira tako da glomazni otpad može proći bez da postoji opasnost od zaglavlivanja, što može uzrokovati nejednoliko punjenje ložišta i blokirati ulazak zraka u ložište. Tri danas najzastupljenije tehnologije izgaranja na rešetki su tehnologije proizvođača Martin™, Von Roll™ te Keppel-Seghers™. Tehnologija izgaranja na rešetki trenutno je najrasprostranjenija tehnologija za termičku obradu otpada, a koristi se više od stotinu godina. Snažan razvoj doživjele su metode za pročišćavanje dimnih plinova, što je omogućilo opstanak ove tehnologije u vremenu sve strožih zahtjeva na emisije i utjecaj na okoliš [12].





Slika 12. Von Roll™ sustav za izgaranje otpada

Buka koju stvara postrojenje nije zanemariva i jedan je od razloga što se postrojenja za spaljivanje otpada u pravilu nalaze dalje od stambenih objekata. Osim samog postrojenja, buku proizvode i vozila koja dovoze otpad te eventualna mehanička predobrada otpada. Buka se može smanjiti izoliranjem glavnih proizvođača buke i primjerenom konstrukcijom otvora i vrata.

**Primjenjivost pogona u hrvatskim uvjetima.** Postrojenje za spaljivanje otpada svakako može naći primjenu u hrvatskim uvjetima. Kako je u Hrvatskoj započeo proces saniranja mnogobrojnih odlagališta otpada, uz još uvijek visok broj „divljih“ odlagališta, postrojenje za spaljivanje otpada, koje bi kapacitetom moglo osigurati zbrinjavanje komunalnog otpada na razini regije, znatno bi usporilo porast volumena otpada koji se mora odlagati.

Očekuje se kako će s porastom cijene fosilnih goriva, isplativost i nužnost energane na otpad biti još izraženija. Korisnost i potreba energane na otpad prvenstveno se odnosi na rješavanje problema prikladnog zbrinjavanja komunalnog otpada, a tek onda i na energetske iskoristivost otpada.



## **5. SKUPLJANJE PODATAKA, OBJAŠNJENJE PRORAČUNA, ANALIZA I POTREBNI UVJETI**

Kako se može vidjeti iz zadatka, cilj ovog rada bio je za početak proučiti i skupiti podatke o količini i sastavu komunalnog otpada u Gradu Zagrebu (županiji grada Zagreba) i SZ (sjeverozapadnoj) Hrvatskoj. Potom je bilo potrebno analizirati i predložiti lokacije pretovarnih stanica (uzimajući u obzir lokacije postojećih odlagališta otpada). Nakon prikupljenih podataka i poznavanja lokacija odlagališta i pretovarnih stanica trebalo je napraviti projekciju količine, sastava i ogrjevnog vrijednosti otpada do 2030. godine sukladno socioekonomskim kriterijima i europskoj legislativi. Rezultati će biti prikazani za 2012. godinu (godina kada su skupljeni zadnji poznati i precizni podaci - referentna godina), 2020. i konačno 2030. godinu. Za kraj bilo je potrebno napraviti usporednu ekonomsku analizu pogona spalionice otpada potrebnog kapaciteta u GZ u slučaju:

- pogona samo s otpadom proizvedenim na području GZ
- pogona postrojenja za spalionicu korištenjem otpada i s područja ostalih županija SZ Hrvatske (uključujući prijevoz i pretovarne stanice)

Uz to, trebalo je analizirati i usporediti koliko će komunalni otpad drugih županija na području SZ Hrvatske pridonijeti količini potrebnoj za puni pogon rada buduće spalionice u Zagrebu u Resniku. Kao zaključnu usporedbu, bilo je potrebno napraviti analizu utjecaja promjene vrijednosti otkupne cijene toplinske i električne energije te cijene otpada i biomase na isplativost investicije.

Kako bi se došlo do potrebnih rezultata, trebalo je naći ulazne podatke, proučiti trenutno stanje otpada u Gradu Zagrebu i SZ Hrvatskoj te lokacije postojećih odlagališta i njihova mogućnost pretvorbe u pretovarne stanice te modernizacija istih.

Bitno je napomenuti da je način postupanja s otpadom uvjetovan od EU direktivi što će uvelike utjecati na projekciju otpada u budućim godinama. Kao članica EU-a, Hrvatska je dužna ispoštovati te direktive kako bi postigla zadani cilj ili se barem približila tome. U daljnjim poglavljima bit će prikazano trenutno stanje gospodarenja otpadom u traženim županijama, određeni uvjeti te zaključci s kojima se kasnije ušlo u izradu i stvaranje potrebnih rezultata. Svi postojeći podaci izvučeni su iz izvješća za komunalni otpad od strane Agencije za zaštitu okoliša (AZO) za 2012. godinu [19].

## 6. POSTOJEĆE STANJE GOSPODARENJA OTPADOM

Republika Hrvatska sastoji se od tri statistička područja, područja koje je u suradnji s Eurostatom odredio Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske. To su **Sjeverozapadna Hrvatska, Središnja i Istočna (Panonska) Hrvatska** te **Jadranska Hrvatska**. Postoje od 7. rujna 2005. godine, nakon čega su doživjele različite stupnjeve prihvaćanja i službenosti. Kako je i prije rečeno, ovaj rad će se isključivo bazirati na područje sjeverozapadne Hrvatske (SZ Hrvatske).

Sjeverozapadna Hrvatska, gospodarski najrazvijenija hrvatska regija, sastoji se od 6 županija:

1. Grad Zagreb
2. Zagrebačka županija
3. Krapinsko-zagorska županija
4. Varaždinska županija
5. Koprivničko-križevačka županija
6. Međimurska županija

Svaka od ovih 6 županija gledat će se zasebno kao sustav što se tiče prikupljanja podataka i pregleda postojećeg stanja. U ovom radu županije će biti poredane po svom pripadajućem rednom broju županije.

Na donjoj slici mogu se vidjeti statistička područja u Hrvatskoj gdje je SZ Hrvatska označena narančastom bojom.



Slika 13. Hrvatska statistička područja

### 6.1. Zagrebačka županija

Zagrebačka županija na popisu županija svrstana je kao 1. po redoslijedu. Na donjoj slici prikazane su granice i položaj unutar RH.



**Slika 14. Položaj Zagrebačke županije unutar RH**

U Zagrebačkoj županiji tijekom 2012. godine skupljeno je 76.257,71 tona komunalnog otpada. Od toga miješani komunalni otpad čini 65.711,17 tona, a ostalo čine ostale vrste komunalnog otpada među koje spada i odvojeni otpad. Na dolje navedenim tablicama mogu se vidjeti detaljniji podaci, od količine ukupnog skupljenog otpada do količine odvojenih vrsta otpada.

**Tablica 1. Količine skupljenog otpada u 2012. za Zagrebačku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Ukupna količina skupljenog komunalnog otpada:	76.257,71
Miješani komunalni otpad:	65.711,17
Ostale vrste komunalnog otpada:	10.546,54
Broj stanovnika obuhvaćeno skupljanjem:	323.815,00
kg/stanovniku	235,50

**Tablica 2. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Zagrebačku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Papir	1.439,01
Plastika	483,58
Staklo	811,50
Metal	29,81
Biootpad	263,88

Prema pregledu i planu gospodarenja otpadom u Zagrebačkoj županiji [20], dan je približan sastav miješanog komunalnog otpada.

**Tablica 3. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2011. za Zagrebačku županiju**

#	Komponenta:	Maseni udio [%]:
1	Guma	0,9
2	Papir i karton	19,6
3	Staklo	6,6
4	Plastika	11,6
5	Metal	4,1
6	Drvo	1,3
7	Kuhinjski biootpad	46,1
8	Vrtni biootpad (vezano za kuh. biootpad)	0
9	Tekstil	7,8
10	Pelene	0
11	Inertni	1,5
12	Posebni otpad	0,5

Iz ovih podataka može se doći do informacije koliko su građani osviješteni što se tiče odvajanja i sortiranja otpada. Drugim riječima, usporedbom određene vrste odvojenog otpada i ukupno odložene te vrste otpada može se dobiti odnos, tj. postotak koji pokazuje koliko građani paze pri sortiranju određene vrste otpada. Formula po kojoj bi se dobio takav odnos (postotak) glasi:

$$p = \frac{o}{o + \frac{s}{100} \cdot m} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdje je:

p - postotak odvojene određene vrste otpada

o - količina odvojene određene vrste otpada izražena u tonama

s - maseni udio određene vrste otpada unutar miješanog komunalnog otpada izražen u postotku

m - količina miješanog komunalnog otpada izražena u tonama

Koristeći gore navedenu formulu dobiveni su sljedeći podaci:

**Tablica 4. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Zagrebačku županiju**

Vrsta otpada	Količina odvajanja (%)
Papir	10,05
Plastika	5,97
Staklo	15,76
Metal	1,09

Iz ovih podataka vidljivo je da se pri odlaganju otpada najviše odvajaju i sortiraju papir i staklo u odnosu na ostale materijale. Unatoč tome, rezultati su i dalje poražavajuće niski te je potrebno poduzeti veće mjere i podići svijest kod građana za odvajanjem i sortiranjem otpada pri odlaganju.

U tablici 5 prikazana je količina skupljenog komunalnog otpada po ključnom broju otpada kako bi se detaljnije i preciznije prikazalo što i kakav tip materijala se odlaže. Iz ovakvog izvještaja vrlo se lagano mogu izračunati i dobiti prije navedeni podaci (tablica 1 i 2).

Odlagališta zadužena za pohranjivanje otpada u Zagrebačkoj županiji su: Andrilovac, Beljavine, Cerovka, Mraclinska Dubrava, Novi Dvori i Tarno. Postoje podaci koji prikazuju koliko i kakva vrsta otpada (po ključnom broju) se odlaže na pojedinom odlagalištu, ali nisu korišteni u ovoj analizi zbog toga što određena županija prima otpad koji dolazi iz drugih županija, ne ponašajući se kao zasebno područje što se tiče gospodarenja otpadom što je pretpostavka koju je bilo potrebno unijeti ukoliko se žele upotrijebiti podaci dobiveni projekcijom količine i sastava otpada. Problematika i moguće rješenje detaljnije je obrazloženo u poglavlju procjene i buduće projekcije.

**Tablica 5. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Zagrebačku županiju**

Ključni broj otpada (XX YY ZZ)	Naziv otpada prema ključnom broju			Skupljeno (t)
	XX	YY	ZZ	
15 01 01	OTPADNA AMBALAŽA; APSORBENSI, TKANINE I SREDSTVA ZA BRISANJE I UPIJANJE, FILTERSKI MATERIJALI I ZAŠTITNA ODJEĆA KOJA NIJE SPECIFICIRANA NA DRUGI NAČIN	Ambalaža (uključujući odvojeno skupljani komunalni ambalažni otpad)	ambalaža od papira i kartona	236,33
15 01 02			ambalaža od plastike	466,67
15 01 03			ambalaža od drveta	6,49
15 01 04			ambalaža od metala	19,43
15 01 07			staklena ambalaža	742,89
15 01 10*			ambalaža koja sadrži ostatke opasnih tvari ili je onečišćena opasnim tvarima	2,97
20 01 01	KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ INDUSTRIJSKIH I ZANATSKIH POGONA I IZ USTANOVA) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO PRIKUPLJENE SASTOJKE	Odvojeno skupljeni sastojci (osim 15 01 (ambalaža))	papir i karton	1.202,68
20 01 02			staklo	68,61
20 01 11			tekstil	3,92
20 01 21*			fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu	0,49
20 01 27*			boje, tiskarske boje, ljepila i smole, koje sadrže opasne tvari	9,46
20 01 33*			baterije i akumulatori obuhvaćeni pod 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže ove baterije	0,82
20 01 34			baterije i akumulatori koji nisu navedeni pod 20 01 33	0,60
20 01 35*			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23 koja sadrži opasne komponente	74,63
20 01 36			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23	466,80
20 01 38			drvo koje ne sadrži opasne tvari	19,83
20 01 39			plastika	16,89
20 01 40			metali	10,38
20 02 01		Otpad iz vrtova i parkova (uključujući otpad sa groblja)	biorazgradivi otpad	263,88
20 02 02			zemlja i kamenje	2.934,60
20 02 03			ostali otpad koji nije biorazgradiv	2,74
20 03 01		Ostali komunalni otpad	miješani komunalni otpad	65.711,17
20 03 03			ostaci od čišćenja ulica	50,40
20 03 07			glomazni otpad	3.945,03
Ukupno:				76.257,71

## 6.2. Krapinsko-zagorska županija

Krapinsko-zagorska županija na popisu županija svrstana je kao 2. po redoslijedu. Na donjoj slici prikazane su granice i položaj unutar RH.



**Slika 15. Položaj Krapinsko-zagorske županije unutar RH**

U Krapinsko-zagorskoj županiji tijekom 2012. godine skupljeno je 28.049,51 tona komunalnog otpada. Od toga miješani komunalni otpad čini 25.371,05 tona, a ostalo čine ostale vrste komunalnog otpada među koje spada i odvojeni otpad. Na dolje navedenim tablicama mogu se vidjeti detaljniji podaci, od količine ukupnog skupljenog otpada do količine odvojenih vrsta otpada.

**Tablica 6. Količine skupljenog otpada u 2012. za Krapinsko-zagorsku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Ukupna količina skupljenog komunalnog otpada:	28.049,51
Miješani komunalni otpad:	25.371,05
Ostale vrste komunalnog otpada:	2.678,46
Broj stanovnika obuhvaćeno skupljanjem:	119.364,00
kg/stanovniku	234,99

**Tablica 7. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Krapinsko-zagorsku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Papir	221,33
Plastika	138,72
Staklo	232,39
Metal	19,88
Biootpad	273,80

Prema pregledu i planu gospodarenja otpadom u Krapinsko-zagorskoj županiji [21], dan je približan sastav miješanog komunalnog otpada.

**Tablica 8. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2007. za Krapinsko-zagorsku županiju**

#	Komponenta:	Maseni udio [%]:
1	Guma	0,5
2	Papir i karton	18
3	Staklo	6
4	Plastika	8
5	Metal	3
6	Drvo	2
7	Kuhinjski biootpad	41
8	Vrtni biootpad (vezano za kuh. biootpad)	0
9	Tekstil	4
10	Pelene	3
11	Inertni	11
12	Posebni otpad	3,5

Iz ovih podataka može se doći do informacije koliko su građani osviješteni što se tiče odvajanja i sortiranja otpada. Drugim riječima, usporedbom određene vrste odvojenog otpada i ukupno odložene te vrste otpada može se dobiti odnos, tj. postotak koji pokazuje koliko građani paze pri sortiranju određene vrste otpada. Korištenjem prijašnje formule pod (1) dobiveni su sljedeći podaci:

**Tablica 9. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Krapinsko-zagorsku županiju**

Vrsta otpada	Količina odvajanja (%)
Papir	4,62
Plastika	6,40
Staklo	13,24
Metal	2,55



Iz ovih podataka vidljivo je da se pri odlaganju otpada najviše odvaja i sortira staklo u odnosu na ostale materijale. Unatoč tome, rezultati su i dalje niski te je potrebno poduzeti veće mjere i podići svijest kod građana za odvajanjem i sortiranjem otpada pri odlaganju. Također se može primijetiti da je odvajanje papira slabije nego u Zagrebačkoj županiji.

U tablici 10 prikazana je količina skupljenog komunalnog otpada po ključnom broju otpada kako bi se detaljnije i preciznije prikazalo što i kakav tip materijala se odlaže. Iz ovakvog izvještaja vrlo se laganom mogu izračunati i dobiti prije navedeni podaci (tablica 6 i 7).

Odlagališta zadužena za pohranjivanje otpada u Krapinsko-zagorskoj županiji su: Gorjak, Gubaševo, Lesičak, Medvedov jarek, Straža (Hum na Sutli) i Tugonica. Postoje podaci koji prikazuju koliko i kakva vrsta otpada (po ključnom broju) se odlaže na pojedinom odlagalištu, ali nisu korišteni u ovoj analizi zbog toga što određena županija prima otpad koji dolazi iz drugih županija, ne ponašajući se kao zasebno područje što se tiče gospodarenja otpadom što je pretpostavka koju je bilo potrebno unijeti ukoliko se žele upotrijebiti podaci dobiveni projekcijom količine i sastava otpada. Problematika i moguće rješenje detaljnije je obrazloženo u poglavlju procjene i buduće projekcije.

**Tablica 10. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Krapinsko-zagorsku županiju**

Ključni broj otpada (XX YY ZZ)	Naziv otpada prema ključnom broju			Skupljeno (t)
	XX	YY	ZZ	
15 01 01	OTPADNA AMBALAŽA; APSORBENSI, TKANINE I SREDSTVA ZA BRISANJE I UPIJANJE, FILTARSKI MATERIJALI I ZAŠTITNA ODJEĆA KOJA NIJE SPECIFICIRANA NA DRUGI NAČIN	Ambalaža (uključujući odvojeno skupljani komunalni ambalažni otpad)	ambalaža od papira i kartona	29,34
15 01 02			ambalaža od plastike	131,59
15 01 04			ambalaža od metala	8,36
15 01 06			miješana ambalaža	82,50
15 01 07			staklena ambalaža	232,16
20 01 01	KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ INDUSTRIJSKIH I ZANATSKIH POGONA I IZ USTANOVA) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO PRIKUPLJENE SASTOJKE	Odvojeno skupljeni sastojci (osim 15 01 (ambalaža))	papir i karton	191,99
20 01 02			staklo	0,25
20 01 08			biorazgradivi otpad iz kuhinja i kantina	10,30
20 01 21*			fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu	2,20
20 01 33*			baterije i akumulatori buhvačeni pod 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže ove baterije	0,11
20 01 34			baterije i akumulatori koji nisu navedeni pod 20 01 33	0,44
20 01 35*			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23 koja sadrži opasne komponente	604,96
20 01 39			plastika	7,13
20 01 40			metali	11,50
20 02 01		Otpad iz vrtova i parkova (uključujući otpad sa groblja)	biorazgradivi otpad	263,50
20 03 01		Ostali komunalni otpad	miješani komunalni otpad	25.371,05
20 03 07			glomazni otpad	1.102,13
Ukupno:				28.049,51

### 6.3. Varaždinska županija

Varaždinska županija na popisu županija svrstana je kao 5. po redoslijedu. Na donjoj slici prikazane su granice i položaj unutar RH.



**Slika 16. Položaj Varaždinske županije unutar RH**

U Varaždinskoj županiji tijekom 2012. godine skupljeno je 35.406,47 tona komunalnog otpada. Od toga miješani komunalni otpad čini 30.141,50 tona, a ostalo čine ostale vrste komunalnog otpada među koje spada i odvajani otpad. Na dolje navedenim tablicama mogu se vidjeti detaljniji podaci, od količine ukupnog skupljenog otpada do količine odvojenih vrsta otpada.

**Tablica 11. Količine skupljenog otpada u 2012. za Varaždinsku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Ukupna količina skupljenog komunalnog otpada:	35.406,47
Miješani komunalni otpad:	30.141,50
Ostale vrste komunalnog otpada:	5.264,97
Broj stanovnika obuhvaćeno skupljanjem:	147.292,00
kg/stanovniku	240,38

**Tablica 12. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Varaždinsku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Papir	122,47
Plastika	679,62
Staklo	779,75
Metal	37,22
Biootpad	497,81

Prema pregledu i planu gospodarenja otpadom u Varaždinskoj županiji [22], dan je približan sastav miješanog komunalnog otpada.

**Tablica 13. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2008. za Varaždinsku županiju**

#	Komponenta:	Maseni udio [%]:
1	Guma	0,9
2	Papir i karton	19,6
3	Staklo	6,6
4	Plastika	11,6
5	Metal	4,1
6	Drvo	1,3
7	Kuhinjski biootpad	46,1
8	Vrtni biootpad (vezano za kuh. biootpad)	0
9	Tekstil	7,8
10	Pelene	0
11	Inertni	1,5
12	Posebni otpad	0,5

Iz ovih podataka može se doći do informacije koliko su građani osviješteni što se tiče odvajanja i sortiranja otpada. Drugim riječima, usporedbom određene vrste odvojenog otpada i ukupno odložene te vrste otpada može se dobiti odnos, tj. postotak koji pokazuje koliko građani paze pri sortiranju određene vrste otpada. Korištenjem prijašnje formule pod (1) dobiveni su sljedeći podaci:

**Tablica 14. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Varaždinsku županiju**

Vrsta otpada	Količina odvajanja (%)
Papir	2,03
Plastika	16,27
Staklo	28,16
Metal	2,92

Iz ovih podataka vidljivo je da se pri odlaganju otpada najviše odvajaju i sortiraju staklo i plastika u odnosu na ostale materijale. Iako i dalje prenisko, sortiranje stakla i plastike je na puno većem nivou u odnosu na druge županije što je pohvalno i dobar korak u budućnost.

U tablici 15 prikazana je količina skupljenog komunalnog otpada po ključnom broju otpada kako bi se detaljnije i preciznije prikazalo što i kakav tip materijala se odlaže. Iz ovakvog izvještaja mogu se izračunati prije navedeni podaci (tablica 11 i 12).

Odlagališta zadužena za pohranjivanje otpada u Varaždinskoj županiji su: Brezje, Čret, Gornje Vratno, Jerovec i Meka. Postoje podaci koji prikazuju koliko i kakva vrsta otpada (po ključnom broju) se odlaže na pojedinom odlagalištu, ali nisu korišteni u ovoj analizi zbog toga što određena županija prima otpad koji dolazi iz drugih županija, ne ponašajući se kao zasebno područje što se tiče gospodarenja otpadom što je pretpostavka koju je bilo potrebno unijeti ukoliko se žele upotrijebiti podaci dobiveni projekcijom količine i sastava otpada. Problematika i moguće rješenje detaljnije je obrazloženo u poglavlju procjene i buduće projekcije.

**Tablica 15. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Varaždinsku županiju**

Ključni broj otpada (XX YY ZZ)	Naziv otpada prema ključnom broju			Skupljeno (t)
	XX	YY	ZZ	
15 01 07	OTPADNA AMBALAŽA; APSORBENSI, TKANINE I SREDSTVA ZA BRISANJE I UPIJANJE, FILTERSKI MATERIJALI I ZAŠTITNA ODJEĆA KOJA NIJE SPECIFICIRANA NA DRUGI NAČIN	Ambalaža  (uključujući odvojeno skupljani komunalni ambalažni otpad)	staklena ambalaža	779,75
20 01 01	KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ INDUSTRIJSKIH I ZANATSKIH POGONA I IZ USTANOVA) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO PRIKUPLJENE SASTOJKE	Odvojeno skupljeni sastojci (osim 15 01 (ambalaža))	papir i karton	52,05
20 01 21*			fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu	5,96
20 01 23*			odbačena oprema koja sadrži fluoro-klorouglikovodike	37,06
20 01 33*			baterije i akumulatori obuhvaćeni pod 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže ove baterije	0,37
20 01 34			baterije i akumulatori koji nisu navedeni pod 20 01 33	0,50
20 01 35*			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23 koja sadrži opasne komponente	383,63
20 01 39			plastika	2,08
20 02 01		Otpad iz vrtova i parkova (uključujući otpad sa grobља)	biorazgradivi otpad	497,81
20 02 03			ostali otpad koji nije biorazgradiv	5,45
20 03 01		Ostali komunalni otpad	miješani komunalni otpad	30.141,50
20 03 03			ostaci od čišćenja ulica	264,33
20 03 06			otpad nastao čišćenjem kanalizacije	9,00
20 03 07			glomazni otpad	853,22
Ukupno:				33.032,71

#### 6.4. Koprivničko-križevačka županija

Koprivničko-križevačka županija na popisu županija svrstana je kao 6. po redoslijedu. Na donjoj slici prikazane su granice i položaj unutar RH.



**Slika 17. Položaj Koprivničko-križevačke županije unutar RH**

U Koprivničko-križevačkoj županiji tijekom 2012. godine skupljeno je 19.844,31 tona komunalnog otpada. Od toga miješani komunalni otpad čini 17.819,94 tona, a ostalo čine ostale vrste komunalnog otpada među koje spada i odvajani otpad. Na dolje navedenim tablicama mogu se vidjeti detaljniji podaci, od količine ukupnog skupljenog otpada do količine odvojenih vrsta otpada.

**Tablica 16. Količine skupljenog otpada u 2012. za Koprivničko-križevačku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Ukupna količina skupljenog komunalnog otpada:	19.844,31
Miješani komunalni otpad:	17.819,94
Ostale vrste komunalnog otpada:	2.024,37
Broj stanovnika obuhvaćeno skupljanjem:	113.160,00
kg/stanovniku	175,37

**Tablica 17. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Koprivničko-križevačku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Papir	539,45
Plastika	319,77
Staklo	381,18
Metal	7,48
Biootpad	57,59

Prema pregledu i planu gospodarenja otpadom u Koprivničko-križevačkoj županiji [23], dan je približan sastav miješanog komunalnog otpada.

**Tablica 18. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2012. za Koprivničko-križevačku županiju**

#	Komponenta:	Maseni udio [%]:
1	Guma	0
2	Papir i karton	25
3	Staklo	6
4	Plastika	12
5	Metal	4
6	Drvo	0
7	Kuhinjski biootpad	39
8	Vrtni biootpad (vezano za kuh. biootpad)	0
9	Tekstil	0
10	Pelene	0
11	Inertni	0
12	Posebni otpad	14

Iz ovih podataka može se doći do informacije koliko su građani osviješteni što se tiče odvajanja i sortiranja otpada. Drugim riječima, usporedbom određene vrste odvojenog otpada i ukupno odložene te vrste otpada može se dobiti odnos, tj. postotak koji pokazuje koliko građani paze pri sortiranju određene vrste otpada. Korištenjem prijašnje formule pod (1) dobiveni su sljedeći podaci:

**Tablica 19. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Koprivničko-križevačku županiju**

Vrsta otpada	Količina odvajanja (%)
Papir	10,80
Plastika	13,01
Staklo	26,28
Metal	1,04



Iz ovih podataka vidljivo je da se pri odlaganju otpada najviše odvajaju i sortiraju staklo i plastika u odnosu na ostale materijale. Iako i dalje prenisko, sortiranje stakla, plastike i papira je na puno većem nivou u odnosu na druge županije što je također pohvalno kao i u slučaju Varaždinske županije.

Na tablici 20 prikazana je količina skupljenog komunalnog otpada po ključnom broju otpada kako bi se detaljnije i preciznije prikazalo što i kakav tip materijala se odlaže. Iz ovakvog izvještaja vrlo se lako mogu izračunati i dobiti prije navedeni podaci (tablica 16 i 17).

Odlagališta zadužena za pohranjivanje otpada u Koprivničko-križevačkoj županiji su: Crnec, Hatačanova, Hintov, Ivančino brdo, Jandrin grm, Klepa, ORL, Peski, Peski - Đurđevac, Piškornica, Šarje, Trema - Gmanje. Postoje podaci koji prikazuju koliko i kakva vrsta otpada (po ključnom broju) se odlaže na pojedinom odlagalištu, ali nisu korišteni u ovoj analizi zbog toga što određena županija prima otpad koji dolazi iz drugih županija, ne ponašajući se kao zasebno područje što se tiče gospodarenja otpadom što je pretpostavka koju je bilo potrebno unijeti ukoliko se žele upotrijebiti podaci dobiveni projekcijom količine i sastava otpada. Problematika i moguće rješenje detaljnije je obrazloženo u poglavlju procjene i buduće projekcije.

**Tablica 20. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Koprivničko-križevačku županiju**

Ključni broj otpada (XX YY ZZ)	Naziv otpada prema ključnom broju			Skupljeno (t)
	XX	YY	ZZ	
15 01 01	OTPADNA AMBALAŽA; APSORBENSI, TKANINE I SREDSTVA ZA BRISANJE I UPIJANJE, FILTARSKI MATERIJALI I ZAŠTITNA ODJEĆA KOJA NIJE SPECIFICIRANA NA DRUGI NAČIN	Ambalaža (uključujući odvojeno skupljani komunalni ambalažni otpad)	ambalaža od papira i kartona	291,58
15 01 02			ambalaža od plastike	239,16
15 01 04			ambalaža od metala	7,10
15 01 05			višeslojna (kompozitna) ambalaža	41,46
15 01 07			staklena ambalaža	381,18
20 01 01	KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ INDUSTRIJSKIH I ZANATSKIH POGONA I IZ USTANOVA) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO PRIKUPLJENE SASTOJKE	Odvojeno skupljeni sastojci (osim 15 01 (ambalaža))	papir i karton	247,87
20 01 10			odjeća	6,05
20 01 23*			odbačena oprema koja sadrži fluoro-klorouglikovodike	2,98
20 01 33*			baterije i akumulatori obuhvaćeni pod 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže ove baterije	0,10
20 01 34			baterije i akumulatori koji nisu navedeni pod 20 01 33	2,04
20 01 35*			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23 koja sadrži opasne komponente	8,48
20 01 39			plastika	80,59
20 01 40			metali	0,38
20 02 01		Otpad iz vrtova i parkova (uključujući otpad sa grobља)	biorazgradivi otpad	44,04
20 02 03			ostali otpad koji nije biorazgradiv	153,05
20 03 01		Ostali komunalni otpad	miješani komunalni otpad	17.819,93
20 03 02			otpad s tržnica	13,55
20 03 03			ostaci od čišćenja ulica	193,52
20 03 07			glomazni otpad	311,24
Ukupno:				19.844,30

## 6.5. Međimurska županija

Međimurska županija na popisu županija svrstana je kao 20. po redoslijedu. Na donjoj slici prikazane su granice i položaj unutar RH.



**Slika 18. Položaj Međimurske županije unutar RH**

U Međimurskoj županiji tijekom 2012. godine skupljeno je 18.080,64 tona komunalnog otpada. Od toga miješani komunalni otpad čini 12.186,76 tona, a ostalo čine ostale vrste komunalnog otpada među koje spada i odvojeni otpad. Na dolje navedenim tablicama mogu se vidjeti detaljniji podaci, od količine ukupnog skupljenog otpada do količine odvojenih vrsta otpada.

**Tablica 21. Količine skupljenog otpada u 2012. za Međimursku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Ukupna količina skupljenog komunalnog otpada:	18.080,64
Miješani komunalni otpad:	12.186,76
Ostale vrste komunalnog otpada:	5.893,88
Broj stanovnika obuhvaćeno skupljanjem:	99.766,00
kg/stanovniku	181,23

**Tablica 22. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Međimursku županiju**

Vrsta otpada	Količina (t)
Papir	1.054,28
Plastika	1.143,44
Staklo	670,44
Metal	222,54
Biootpad	1.668,84

Prema pregledu i planu gospodarenja otpadom u Međimurskoj županiji [24], dan je približan sastav miješanog komunalnog otpada.

**Tablica 23. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2006. za Međimursku županiju**

#	Komponenta:	Maseni udio [%]:
1	Guma	0
2	Papir i karton	7
3	Staklo	3
4	Plastika	9
5	Metal	9
6	Drvo	1
7	Kuhinjski biootpad	40
8	Vrtni biootpad (vezano za kuh. biootpad)	0
9	Tekstil	12
10	Pelene	0
11	Inertni	5
12	Posebni otpad	14

Iz ovih podataka može se doći do informacije koliko su građani osviješteni što se tiče odvajanja i sortiranja otpada. Drugim riječima, usporedbom određene vrste odvojenog otpada i ukupno odložene te vrste otpada može se dobiti odnos, tj. postotak koji pokazuje koliko građani paze pri sortiranju određene vrste otpada. Korištenjem prijašnje formule pod (1) dobiveni su sljedeći podaci:

**Tablica 24. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za Međimursku županiju**

Vrsta otpada	Količina odvajanja (%)
Papir	55,27
Plastika	51,04
Staklo	64,71
Metal	16,87

Iz ovih podataka vidljivo je da se pri odlaganju otpada najviše odvajaju i sortiraju staklo, papir i plastika u odnosu na ostale materijale. Kako se može i vidjeti, ova županija postiže odlične rezultate što se tiče sortiranja i odvajanja i daleko je iznad drugih županija, gotovo neusporediva s drugima.

Na tablici 25 prikazana je količina skupljenog komunalnog otpada po ključnom broju otpada kako bi se detaljnije i preciznije prikazalo što i kakav tip materijala se odlaže. Iz ovakvog izvještaja vrlo se lagano mogu izračunati i dobiti prije navedeni podaci (tablica 21 i 22).

Odlagalište zaduženo za pohranjivanje otpada u Međimurskoj županiji je Totovec. Postoje podaci koji prikazuju koliko i kakva vrsta otpada (po ključnom broju) se odlaže na pojedinom odlagalištu, ali nisu korišteni u ovoj analizi zbog toga što određena županija prima otpad koji dolazi iz drugih županija, ne ponašajući se kao zasebno područje što se tiče gospodarenja otpadom što je pretpostavka koju je bilo potrebno unijeti ukoliko se žele upotrijebiti podaci dobiveni projekcijom količine i sastava otpada. Problematika i moguće rješenje detaljnije je obrazloženo u poglavlju procjene i buduće projekcije.

**Tablica 25. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Međimursku županiju**

Ključni broj otpada (XX YY ZZ)	Naziv otpada prema ključnom broju			Skupljeno (t)	
	XX	YY	ZZ		
15 01 01	OTPADNA AMBALAŽA; APSORBENSI, TKANINE I SREDSTVA ZA BRISANJE I UPIJANJE, FILTERSKI MATERIJALI I ZAŠTITNA ODJEĆA KOJA NIJE SPECIFICIRANA NA DRUGI NAČIN	Ambalaža (uključujući odvojeno skupljani komunalni ambalažni otpad)	ambalaža od papira i kartona	989,45	
15 01 02			ambalaža od plastike	1.136,71	
15 01 04			ambalaža od metala	122,85	
15 01 05			višeslojna (kompozitna) ambalaža	139,34	
15 01 07			staklena ambalaža	670,44	
20 01 01	KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ INDUSTRIJSKIH I ZANATSKIH POGONA I IZ USTANOVA) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO PRIKUPLJENE SASTOJKE	Odvojeno skupljeni sastojci (osim 15 01 (ambalaža))	papir i karton	64,83	
20 01 21*			fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu	2,77	
20 01 23*			odbačena oprema koja sadrži fluoro-klorouglikovodike	20,76	
20 01 33*			baterije i akumulatori obuhvaćeni pod 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže ove baterije	0,01	
20 01 34			baterije i akumulatori koji nisu navedeni pod 20 01 33	0,25	
20 01 35*			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23 koja sadrži opasne komponente	154,68	
20 01 36			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23	11,55	
20 01 39			plastika	6,73	
20 01 40			metali	99,68	
20 02 01			Otpad iz vrtova i parkova (uključujući otpad sa grobља)	biorazgradivi otpad	1.668,84
20 02 03				ostali otpad koji nije biorazgradiv	41,04
20 03 01	Ostali komunalni otpad	miješani komunalni otpad	12.186,76		
20 03 07		glomazni otpad	763,92		
Ukupno:				18.080,61	

## 6.6. Županija Grada Zagreba

Županija Grada Zagreba na popisu županija svrstana je kao 21. po redoslijedu. Na donjoj slici prikazane su granice i položaj unutar RH.



**Slika 19. Položaj županije Grada Zagreba unutar RH**

U županiji Grada Zagreba tijekom 2012. godine skupljeno je 295.302,87 tona komunalnog otpada. Od toga miješani komunalni otpad čini 221.966,13 tona, a ostalo čine ostale vrste komunalnog otpada među koje spada i odvojeni otpad. Na dolje navedenim tablicama mogu se vidjeti detaljniji podaci, od količine ukupnog skupljenog otpada do količine odvojenih vrsta otpada.

**Tablica 26. Količine skupljenog otpada u 2012. za Grad Zagreb**

Vrsta otpada	Količina (t)
Ukupna količina skupljenog komunalnog otpada:	295.302,87
Miješani komunalni otpad:	221.966,13
Ostale vrste komunalnog otpada:	73.336,74
Broj stanovnika obuhvaćeno skupljanjem:	780.000,00
kg/stanovniku	378,59

**Tablica 27. Količine odvojenih vrsta otpada iz ostalih vrsta komunalnog otpada u 2012. za Grad Zagreb**

Vrsta otpada	Količina (t)
Papir	1.447,00
Plastika	1.695,41
Staklo	817,52
Metal	500,14
Biootpad	21.170,52

Prema pregledu i planu gospodarenja otpadom u županiji Grada Zagreba [25], dan je približan sastav miješanog komunalnog otpada.

**Tablica 28. Sastav miješanog komunalnog otpada u 2012. za Grad Zagreb**

#	Komponenta:	Maseni udio [%]:
1	Guma	0
2	Papir i karton	27,1
3	Staklo	3,6
4	Plastika	26,4
5	Metal	1,1
6	Drvo	1
7	Kuhinjski biootpad	26,5
8	Vrtni biootpad (vezano za kuh. biootpad)	4,1
9	Tekstil	3,4
10	Pelene	5,5
11	Inertni	0,7
12	Posebni otpad	0,6

Iz ovih podataka može se doći do informacije koliko su građani osviješteni što se tiče odvajanja i sortiranja otpada. Drugim riječima, usporedbom određene vrste odvojenog otpada i ukupno odložene te vrste otpada može se dobiti odnos, tj. postotak koji pokazuje koliko građani paze pri sortiranju određene vrste otpada. Korištenjem prijašnje formule pod (1) dobiveni su sljedeći podaci:

**Tablica 29. Postotak odvojenog otpada po vrsti otpada za županiju Grada Zagreba**

Vrsta otpada	Količina odvajanja (%)
Papir	2,35
Plastika	2,81
Staklo	9,28
Metal	17,00



Iz ovih podataka vidljivo je da se pri odlaganju otpada najviše odvajaju i sortiraju staklo i metal u odnosu na ostale materijale. Unatoč tome, rezultati su i dalje poražavajući i niski te je potrebno poduzeti veće mjere i podići svijest kod građana za odvajanjem i sortiranjem otpada pri odlaganju. Ipak, treba napomenuti da Grad Zagreb ima najbolji rezultat što se tiče sortiranja metala.

Na tablici 30 prikazana je količina skupljenog komunalnog otpada po ključnom broju otpada kako bi se detaljnije i preciznije prikazalo što i kakav tip materijala se odlaže. Iz ovakvog izvještaja vrlo se lagano mogu izračunati i dobiti prije navedeni podaci (tablica 26 i 27).

Odlagalište zaduženo za pohranjivanje otpada u županiji Grada Zagreba je Jakuševac. Postoje podaci koji prikazuju koliko i kakva vrsta otpada (po ključnom broju) se odlaže na pojedinom odlagalištu, ali nisu korišteni u ovoj analizi zbog toga što određena županija prima otpad koji dolazi iz drugih županija, ne ponašajući se kao zasebno područje što se tiče gospodarenja otpadom što je pretpostavka koju je bilo potrebno unijeti ukoliko se žele upotrijebiti podaci dobiveni projekcijom količine i sastava otpada. Problematika i moguće rješenje detaljnije je obrazloženo u poglavlju procjene i buduće projekcije.

**Tablica 30. Pregled količina skupljenog komunalnog otpada za 2012., po ključnom broju za Grad Zagreb**

Ključni broj otpada (XX YY ZZ)	Naziv otpada prema ključnom broju			Skupljeno (t)
	XX	YY	ZZ	
15 01 01	OTPADNA AMBALAŽA; APSORBENSI, TKANINE I SREDSTVA ZA BRISANJE I UPIJANJE, FILTERSKI MATERIJALI I ZAŠTITNA ODJEĆA KOJA NIJE SPECIFICIRANA NA DRUGI NAČIN	Ambalaža (uključujući odvojeno skupljani komunalni ambalažni otpad)	ambalaža od papira i kartona	1.369,57
15 01 02			ambalaža od plastike	1.694,41
15 01 04			ambalaža od metala	85,14
15 01 07			staklena ambalaža	817,52
15 01 10*			ambalaža koja sadrži ostatke opasnih tvari ili je onečišćena opasnim tvarima	17,82
20 01 01	KOMUNALNI OTPAD (OTPAD IZ KUĆANSTAVA I SLIČNI OTPAD IZ INDUSTRIJSKIH I ZANATSKIH POGONA I IZ USTANOVA) UKLJUČUJUĆI ODVOJENO PRIKUPLJENE SASTOJKE	Odvojeno skupljeni sastojci (osim 15 01 (ambalaža))	papir i karton	77,43
20 01 21*			fluorescentne cijevi i ostali otpad koji sadrži živu	14,85
20 01 25			jestiva ulja i masti	101,78
20 01 32			lijekovi koji nisu citotoksici i citostatici	0,16
20 01 33*			baterije i akumulatori obuhvaćeni pod 16 06 01, 16 06 02 ili 16 06 03 i nesortirane baterije i akumulatori koji sadrže ove baterije	0,44
20 01 34*			baterije i akumulatori koji nisu navedeni pod 20 01 33	34,34
20 01 35			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23 koja sadrži opasne komponente	1.942,45
20 01 36			odbačena električna i elektronička oprema koja nije navedena pod 20 01 21 i 20 01 23	83,43
20 01 38			drvo koje ne sadrži opasne tvari	568,65
20 01 39			plastika	1,00
20 01 40			metali	415,00
20 02 01		Otpad iz vrtova i parkova (uključujući otpad sa groblja)	biorazgradivi otpad	17.966,38
20 02 02			zemlja i kamenje	9.846,94
20 02 03			ostali otpad koji nije biorazgradiv	121,30
20 03 01		Ostali komunalni otpad	miješani komunalni otpad	221.966,10
20 03 02			otpad s tržnica	3.102,36
20 03 03	ostaci od čišćenja ulica		3.715,09	
20 03 07	glomazni otpad		24.444,68	
20 03 99	komunalni otpad koji nije specificiran na drugi način		6.905,97	
Ukupno:				295.292,81

## 7. PROJEKCIJA OTPADA DO 2030. GODINE

Kako bi se napravila prognoza, tj. projekcija količine, sastava i ogrjevne vrijednosti otpada do 2030. godine potrebno je, osim postojećeg stanja gospodarenja otpadom u SZ Hrvatskoj, doći i do socioekonomskih podataka koji će uvelike utjecati na ponašanje i upravljanje otpadom u budućnosti (stopa mortaliteta, stopa rasta BDP-a, kretanje broja stanovnika itd.). Također, hrvatska legislativa bit će primorana prilagoditi se europskoj, što znači da će biti potrebno prihvatiti direktive EU-a koje dodatno ograničavaju i diktiraju način zbrinjavanja otpada.

Posljedica toga je da će na projekciju otpada uvelike utjecati uvjeti dani od strane dviju europskih direktiva, a to su 99/31/EC i 2008/98/EC za period do 2020. godine te dodatni paketi i uvjeti u razdoblju od 2020. do 2030. godine [2].

**Tablica 31. Granični uvjeti potrebni za prognozu i projekciju**

Razdoblje	Ciljevi
do 2020.	Povećanje u recikliranju/ponovnoj uporabi komunalnog otpada (KO) do 50%
	Smanjenje odlaganja biorazgradivog dijela komunalnog otpada za 65% u usporedbi s 1997.
od 2020. do 2030.	Povećanje u recikliranju/ponovnoj uporabi komunalnog otpada (KO) do 70%
	Smanjenje stvaranja kuhinjskog otpada (hrana) za 30%

U slučaju neispunjenja ovih uvjeta do zadanih rokova, EU će financijski kažnjavati svoje članice. Stoga je još veći imperativ na Hrvatsku da što prije napravi promjene u sustavu gospodarenja otpadom, modernizira ga te poduči građane kako savjesnije postupati s otpadom. Do tad, potrebno je smisliti kratkoročna rješenja koja bi bila povod i dobar start za ona dugotrajnija. S obzirom da Hrvatska ima velikih problema s odlagalištima, od „divljih“ (koji itekako štete okolišu i ne mogu biti niti kratkoročno, a kamoli dugoročno rješenje) do dogovornih i onih u postupku legalizacije (gdje nisu sređeni svi papiri, a za mnoge se sumnja da ne bi mogli proći niti procjenu utjecaja na okoliš), dolazi se do zaključka da Hrvatska zaostaje u prvom koraku, a to je način i mjesto zbrinjavanja postojećeg otpada, a kamoli tek u reformama promjene postupanja prema otpadu, njegovom razvrstavanju i smanjenju. Sve više

građana nezadovoljno je trenutnim postupanjem s otpadom te lokacijama i (ne)brigom za odlagališta od strane upravnih tijela. Stoga je potrebno izvršiti modernizaciju odlagališta. Jedna od ideja je postojeća odlagališta (gdje veliki broj njih ionako ne zadovoljava uvjete) pretvoriti u pretovarne stanice (eng. transfer stations).

**Pretovarne stanice** su građevine ili procesne stanice za trenutno pohranjivanje (skladištenje) otpada. Najčešće se koriste kao mjesta gdje lokalne komunalne službe kamionima dovoze otpad koji zatim preuzimaju veća vozila (kamioni veće nosivosti) [26]. Takvi tegljači, čija nosivost može biti preko 20 tona, prenose otpad do krajnje točke gdje se on istovaruje. Te krajnje točke, tj. mjesta odlaganja mogu biti spalionice, odlagališta, postrojenja s opasnim otpadom ili čak stanice za recikliranje.

S obzirom na odluke koje su donesene od strane Grada Zagreba, a datiraju još od 2002., po planu gospodarenja otpadom u gradu Zagrebu u skorije vrijeme trebalo bi biti izgrađeno postrojenje za termičku obradu otpada (spalionica) u Resniku u Zagrebu. Grad Zagreb u spalionici vidi rješenje problema nagomilavanja otpada, što automatski povlači i moguće zatvaranje odlagališta Jakuševac koje je dugo vremena bilo problem grada te izazivalo negodovanje građana. Također, takvo postrojenje bilo bi modernog tipa gdje bi ugradnjom filtera i kontrolom bili zadovoljeni i najstrožiji uvjeti od strane EU-a, a toplina dobivena iz izgaranja otpada proizvodila toplinsku i električnu energiju (WtE Plant). Izgradnjom takvog postrojenja, čiji bi kapacitet iznosio 230.000 tona otpada godišnje, povuklo bi i druge odluke i promjene u sustavu gospodarenja otpadom. S obzirom na zahtjeve EU-a o smanjenju odlaganja miješanog komunalnog otpada i inzistiranju na modernijem pristupu odlaganja (recikliranje, ponovna uporaba, sortiranje itd.), pretpostavka je da bi spalionica kroz sljedeće godine, u slučaju da želi održavati rad pod punim pogonom, trebala otpad izvan Zagreba jer joj otpad iz grada više ne bi bio dovoljan. Time se nudi opcija gdje bi županije, koje okružuju grad Zagreb, mogle snabdijevati spalionicu u Resniku i zadovoljiti njene potrebe. Zaključno, postrojenje bi radilo pri optimalnim uvjetima, a okolne županije riješile bi problem odlaganja otpada.

Stoga je predloženo da se većina, ako ne i sva, odlagališta pretvore u pretovarne stanice s kojih će se otpad dovoziti kamionima u Resnik kako bi se spaljivao. Za takav slučaj kao optimalno i najlogičnije rješenje uzeto je područje sjeverozapadne Hrvatske. Šest županija snabdijevat će potrebe postrojenja u Zagrebu.

Uzimajući gore navedene uvjete u obzir te promjene u sustavu gospodarenja otpadom, moguće je napraviti projekciju otpada u budućim godinama. Projekcija će biti izračunata pomoću programa LCA-IWM [41]. Specifičnost ovog programa je što u svom izračunu koristi socio-ekonomske čimbenike, za razliku od mnogih drugih, i time precizno daje prognozu i ponašanje otpada u budućnosti. Također, preciznosti doprinosi i to što nema pojednostavljenja u smislu ekstrapolacije kojom bi se lako došlo do pogreške zbog grubog odstupanja. Time se ne jamči da će rezultati biti 100% točni (što nije niti moguće), ali je vjerojatnije da će biti realniji u odnosu na druge načine prognoziranja kretanja otpada [27]. Potrebni ulazni podaci za LCA-IWM program prikazani su na primjeru Zagrebačke županije u tablici 32.

**Tablica 32. Ulazni socioekonomski podaci za LCA-IWM program**

<b>Trenutni podaci:</b>	<b>2012.</b>	
<b>Gradski (županijski) indikatori:</b>		
<b>Indikator</b>	<b>Zagrebačka</b>	<b>Jedinica</b>
Broj stanovnika:	317.606	stanovnika [39]
Broj stanovnika od 15 do 59 godina starosti:	0,6159	udio ukupne populacije [34]
Prosječna veličina kućanstva:	3,11	osoba po kućanstvu [34]
Stopa smrtnosti novorođenčadi:	2,7	na 1000 rođenih [35]
Očekivano trajanje života:	76,33	godina [34] [36]
<b>Nacionalni indikatori:</b>		
<b>Indikator</b>	<b>Hrvatska</b>	<b>Jedinica</b>
Bruto nacionalni proizvod po stanovniku:	14483,1349	USD [37]
Nacionalna stopa smrtnosti novorođenčadi:	4,4	na 1000 rođenih [35]
Udio zaposlenih u poljoprivredi:	2,76	% ukupno radno sposobnih [40]
<b>Projekcije za 2030:</b>	<b>2030</b>	
<b>Gradski (županijski) indikatori:</b>		
<b>Indikator</b>	<b>Zagrebačka</b>	<b>Jedinica</b>
Broj stanovnika:	311.666	stanovnika [39]
Broj stanovnika od 15 do 59 godina starosti:	0,5564	udio ukupne populacije [34]
Prosječna veličina kućanstva:	2,78	osoba po kućanstvu [34]
Stopa smrtnosti novorođenčadi:	1,9	na 1000 rođenih [35]
Očekivano trajanje života:	79,37	godina [34] [36]
<b>Nacionalni indikatori:</b>		
<b>Indikator</b>	<b>Hrvatska</b>	<b>Jedinica</b>
Bruto nacionalni proizvod po stanovniku:	24147,64	USD [37]
Stopa rasta BDP-a po stanovniku:	3,34	% po godini [38]
Nacionalna stopa smrtnosti novorođenčadi:	1,76	na 1000 rođenih [35]
Udio zaposlenih u poljoprivredi:	2,38	% ukupno radno sposobnih [40]

Za praćenje odlaganja otpada tijekom godina, potrebno je bilo doći do podataka o vrsti i količini otpada koji se odlaže na odlagalištima. Takvi podaci postoje u izvješću o komunalnom otpadu od strane agencije za zaštitu okoliša, ali se ne poklapaju s podacima o sakupljenom otpadu. Preko planova o gospodarenju otpadom različitih županija došlo se do objašnjenja o čemu se radi. Problem je što se dio generiranog otpada unutar jedne županije šalje u druge županije (najčešći je razlog to što je neko odlagalište iz druge županije bliže) čime je gotovo nemoguće pratiti svaku županiju kao zasebnu cjelinu u smislu sakupljanja i zbrinjavanja otpada. Stoga je bilo potrebno izvršiti skaliranje pri kojem se prvotno izračunalo koliko otpada ima svako odlagalište u odnosu na ukupno odloženi za tu županiju gdje je postavljen omjer. Zatim je uzeta količina sakupljenog otpada u cijeloj županiji gdje je pomoću pripadajućeg omjera za svako odlagalište određeno koliku bi količinu otpada trebala zbrinuti. Takav postupak omogućava praćenje zasebno svake županije gdje se pretpostavlja da svaka djeluje zasebno. Primjer skaliranja prikazan je na donjoj slici.

**Tablica 33. Primjer skaliranja odloženog otpada za Zagrebačku županiju**

	MKO		Skalirani skupljeni MKO
	Količina [t]	Udio	Količina [t]
Skupljeno:			
Miješani [MKO]	65.765,49		
Odloženo			
Andrilovac	4.751,00	0,11	7.361,08
Beljavine	4.785,00	0,11	7.413,76
Cerovka	3.830,20	0,09	5.934,42
Mraclinska Dubrava	13.573,86	0,32	21.031,01
Novi Dvori	10.087,62	0,24	15.629,51
Tarno	5.418,77	0,13	8.395,71
SUMA	42.446,45	1,00	65.765,49

U sljedećim poglavljima bit će prikazana projekcija otpada po županijama za 2020. i 2030. godinu.

## 7.1. Zagrebačka županija

**Tablica 34. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Zagrebačku županiju**

Godina	2012	2020	2030
Papir	1.439,01	13.800	20.800
Staklo	811,50	3.000	5.900
Metali	29,81	1.500	2.900
Plastika i kompoziti	483,56	4.800	9.800
Organski	3.227,54	31.200	29.430
Opasni	14,34	0	0
Elektronički	541,43	800	1.600
Miješani	65.765,49	28.500	34.300
Glomazni	3.945,03	4.600	6.500
<b>Ukupno</b>	<b>76.257,71</b>	<b>88.200</b>	<b>111.230</b>

Kao što se može vidjeti, ukupni komunalni otpad će s godinama rasti dok će se količina miješanog naglo smanjiti do 2020. (zbog navedenih europskih direktiva). Pošto će uvjeti za 2020. godinu biti ispunjeni, postoji prostor za ponovno povećanje miješanog otpada koje se i događa do razdoblja 2030. godine. Takav blagi rast posljedica je toga što ukupni otpad i dalje raste dok zahtjevi za miješani otpad nisu toliko strogi za 2030. godinu u odnosu na zahtjeve za 2020. Unatoč naglom rastu organskog otpada do 2020., do 2030. će se smanjiti zbog istih direktiva koje zahtijevaju redukciju kuhinjskog organskog otpada za 30%. Na donjim tablicama dane su projekcije miješanog otpada na odlagalištima te sastava miješanog komunalnog otpada (tablica 35 i 36).

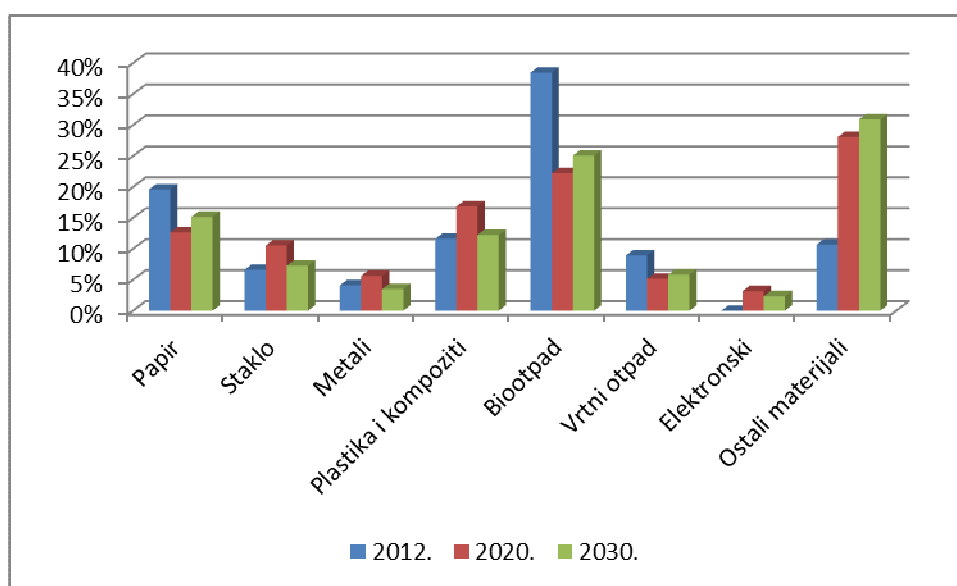
**Tablica 35. Projekcija količine odloženog miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Zagrebačku županiju**

	2012	2020	2030
Andrilovac	7.361,08	3.189,98	3.839,17
Beljavine	7.413,76	3.212,81	3.866,65
Cerovka	5.934,42	2.571,73	3.095,10
Mraclinska Dubrava	21.031,01	9.113,95	10.968,72
Novi Dvori	15.629,51	6.773,17	8.151,57
Tarno	8.395,71	3.638,35	4.378,78
<b>Ukupno</b>	<b>65.765,49</b>	<b>28.500,00</b>	<b>34.300,00</b>

**Tablica 36. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Zagrebačku županiju**

	2012	2020	2030
Papir	19,60%	12,63%	15,16%
Staklo	6,60%	10,53%	7,29%
Metali	4,10%	5,61%	3,50%
Plastika i kompoziti	11,60%	16,84%	12,24%
Organski	47,40%	27,37%	30,90%
Biootpad	38,47%	22,21%	25,08%
Vrtni organski otpad	8,93%	5,16%	5,82%
Opasni	0,00%	0,00%	0,00%
Elektronički	0,00%	3,16%	2,33%
Ostali	10,70%	28,07%	30,90%

Zbog direktive o smanjenju odlaganja biorazgradivog dijela komunalnog otpada do 2020. godine, logično je da će se udio organskog u sastavu miješanog otpada smanjiti. S obzirom da organski otpad u 2012. godini zauzima najveći udio, njegovim smanjenjem dolazi do porasta udjela drugih vrsta otpada (promjena omjera). To će ponajviše utjecati na otpad koji nije moguće svrstati u glavne kategorije (ostali otpad) koji će zbog svoje složenosti i strukture od različitih materijala dobivati sve veći značaj u udjelu miješanog otpada u budućnosti. Što se tiče otpada koji se može jasno raspoznati, na promjenu udjela će utjecati, ne samo gore spomenuto smanjenje organskog otpada, nego i koliko određena županija razvrstava i odvaja određenu vrstu otpada. U slučaju kvalitetnijeg razvrstavanja i odvajanja neke vrste otpada, njegova količina i udio u miješanom otpadu će biti manji. Zbog raznovrsnog pristupa, svaka županija će imati različite rezultate u udjelima (pogledati tablice 36, 41, 45, 49, 53 i 57).

**Slika 20. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Zagrebačku županiju**



**Tablica 37. Maseni udio elemenata sadržanih u pojedinoj vrsti otpada te njihova ogrjevna vrijednost [2]**

Sastav	%W	%C	%H	%O	%N	%S	%Pepeo	LHV [MJ/kg]
Papir	23	33,11	5,39	33,88	0,15	0,02	4,45	<b>12,52</b>
Staklo	2	0,49	0,1	0,39	0,1	0	96,92	<b>0,18</b>
Metali	3	4,37	0,58	4,17	0,1	0	87,79	<b>1,55</b>
Plastika i kompoziti	20	48	8	18,24	0	0	5,76	<b>22,03</b>
Biootpad	75,00	11,68	2	9,72	0,53	0,03	1,04	<b>3,08</b>
Vrtni otpad	65	16,73	2,1	13,3	1,19	0,11	1,58	<b>4,77</b>
Ostali	20,5	20,91	2,39	12,78	0,4	0,1	42,93	<b>7,66</b>

Donja ogrjevna vrijednost (lower heating value) iz gornje tablice izračunata je formulom [2]:

$$LHV_{wet} = 4.187(81C + 300H - 26(O - S) - 6(9H + W)) \left[ \frac{kJ}{kg} \right] \quad (2)$$

gdje su vrijednosti iz tablice uvrštene u udjelima. Poznavajući udio svake vrste otpada unutar miješanog otpada (tablica 36) te njegovu pripadajuću ogrjevnju vrijednost (tablica 37), izračunata je ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada po formuli:

$$LHV_{smw} = LHV_{papir} \cdot PA + LHV_{staklo} \cdot ST + LHV_{metali} \cdot ME + LHV_{plastika} \cdot PL + LHV_{biootpad} \cdot BI + LHV_{vrtni} \cdot VR + LHV_{ostali} \cdot OS \left[ \frac{kJ}{kg} \right]$$

(3), gdje su PA, ST, ME, PL i BI udjeli pripadajuće vrste otpada u miješanom.

Ova metodologija korištena je za sve županije.

**Tablica 38. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Zagrebačku županiju**

	2012	2020	2030
LHV [MJ/kg]	7,52	8,48	8,08

## 7.2. Krapinsko-zagorska županija

**Tablica 39. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Krapinsko-zagorsku županiju**

Godina	2012	2020	2030
Papir	227,36	4.400,00	6.800,00
Staklo	280,12	1.000,00	2.000,00
Metali	21,58	400,00	700,00
Plastika i kompoziti	165,76	1.300,00	2.600,00
Organski	273,80	9.500,00	8.810,00
Opasni	2,75	0,00	0,00
Elektronički	604,96	300,00	600,00
Miješani	25.371,05	13.000,00	16.700,00
Glomazni	1.102,13	1.200,00	1.700,00
<b>Ukupno</b>	<b>28.049,51</b>	<b>31.100,00</b>	<b>39.910,00</b>

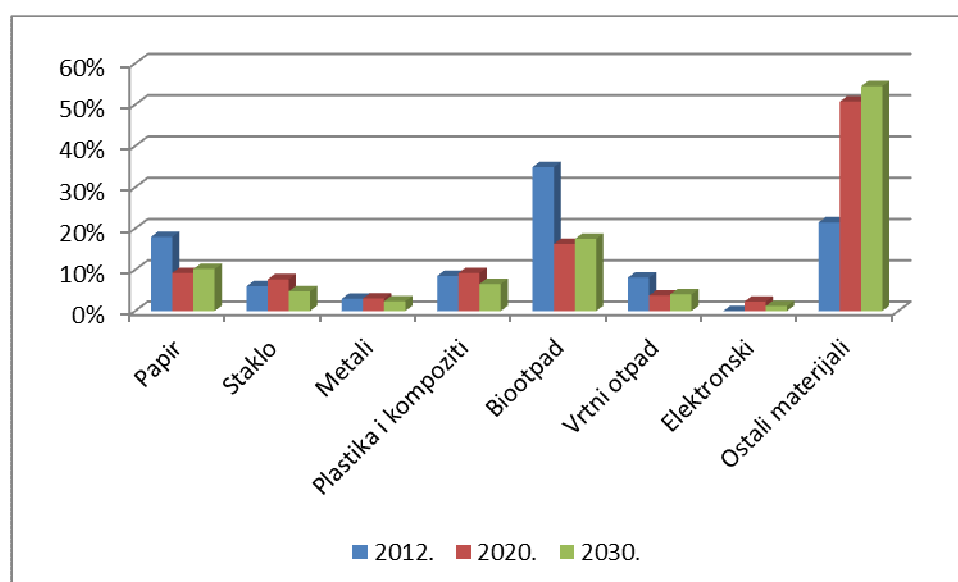
Kao što se može vidjeti, ukupni komunalni otpad će s godinama rasti dok će se količina miješanog naglo smanjiti do 2020. (zbog navedenih europskih direktiva). Pošto će uvjeti za 2020. godinu biti ispunjeni, postoji prostor za ponovno povećanje miješanog otpada koje se i događa do razdoblja 2030. godine. Takav blagi rast posljedica je toga što ukupni otpad i dalje raste dok zahtjevi za miješani otpad nisu toliko strogi za 2030. godinu u odnosu na zahtjeve za 2020. Unatoč naglom rastu organskog otpada do 2020., do 2030. će se smanjiti zbog istih direktiva koje zahtijevaju redukciju organskog otpada za 30%. Na donjim tablicama dane su projekcije miješanog otpada na odlagalištima te sastava miješanog komunalnog otpada (tablica 40 i 41).

**Tablica 40. Projekcija količine odloženog miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Krapinsko-zagorsku županiju**

	2012	2020	2030
Gorjak	7.034,33	3.604,36	4.630,21
Gubaševo	4.035,75	2.067,90	2.656,45
Lesičak	2.881,65	1.476,54	1.896,79
Medvedov jarek	3.138,14	1.607,97	2.065,62
Straža (Hum na Sutli)	2.301,72	1.179,39	1.515,06
Tugonica	5.979,46	3.063,84	3.935,86
<b>Ukupno</b>	<b>25.371,05</b>	<b>13.000,00</b>	<b>16.700,00</b>

**Tablica 41. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Krapinsko-zagorsku županiju**

	2012	2020	2030
Papir	18,00%	9,23%	10,18%
Staklo	6,00%	7,69%	4,79%
Metali	3,00%	3,08%	2,40%
Plastika i kompoziti	8,50%	9,23%	6,59%
Organski	43,00%	20,00%	21,56%
Biootpad	34,90%	16,23%	17,50%
Vrtni otpad	8,10%	3,77%	4,06%
Opasni	0,00%	0,00%	0,00%
Elektronički	0,00%	2,31%	1,20%
Ostali	21,50%	50,77%	54,49%

**Slika 21. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Krapinsko-zagorsku županiju****Tablica 42. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Krapinsko-zagorsku županiju**

	2012	2020	2030
LHV [MJ/kg]	7,29	7,82	7,68

### 7.3. Varaždinska županija

**Tablica 43. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Varaždinsku županiju**

Godina	2012	2020	2030
Papir	52,05	6.000,00	9.300,00
Staklo	779,75	1.700,00	3.400,00
Metali	0,00	700,00	1.400,00
Plastika i kompoziti	2,08	2.200,00	4.600,00
Organski	503,26	14.600,00	14.540,00
Opasni	43,89	100,00	100,00
Elektronički	383,63	400,00	800,00
Miješani	30.414,83	13.400,00	16.500,00
Glomazni	853,22	1.000,00	1.500,00
<b>Ukupno</b>	<b>33.032,71</b>	<b>40.200,00</b>	<b>52.140,00</b>

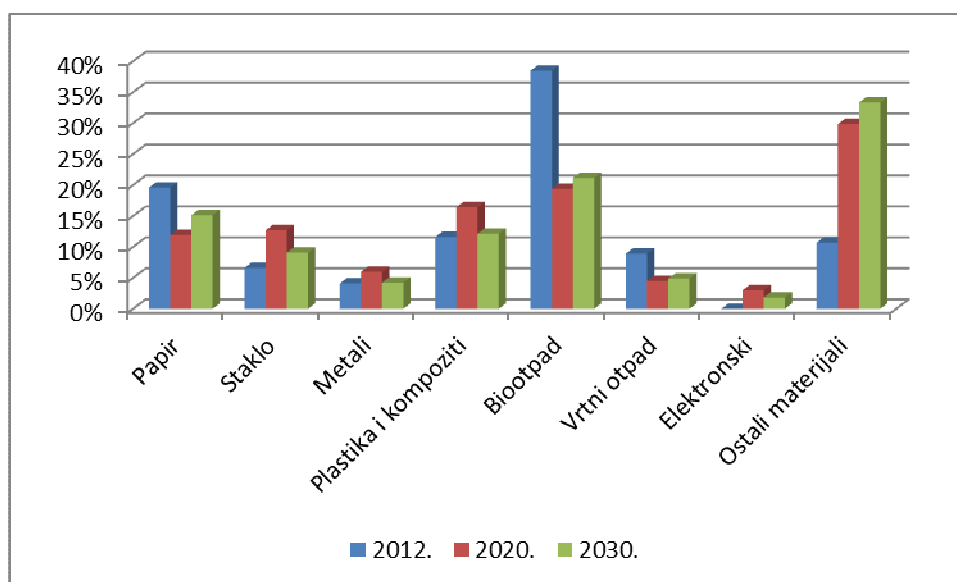
Kao što se može vidjeti, ukupni komunalni otpad će s godinama rasti dok će se količina miješanog naglo smanjiti do 2020. (zbog navedenih europskih direktiva). Pošto će uvjeti za 2020. godinu biti ispunjeni, postoji prostor za ponovno povećanje miješanog otpada koje se i događa do razdoblja 2030. godine. Takav blagi rast posljedica je toga što ukupni otpad i dalje raste dok zahtjevi za miješani otpad nisu toliko strogi za 2030. godinu u odnosu na zahtjeve za 2020. Unatoč naglom rastu organskog otpada do 2020., do 2030. će se smanjiti zbog istih direktiva koje zahtijevaju redukciju organskog otpada za 30%. Na donjim tablicama dane su projekcije miješanog otpada na odlagalištima te sastava miješanog komunalnog otpada (tablica 44 i 45).

**Tablica 44. Projekcija količine miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Varaždinsku županiju**

	2012	2020	2030
Brezje	12.285,51	5.412,68	6.664,87
Čret	3.201,28	1.410,40	1.736,69
Gornje Vratno	4.548,55	2.003,98	2.467,58
Jerovec	7.285,20	3.209,68	3.952,21
Meka	3.094,29	1.363,27	1.678,65
<b>Ukupno</b>	<b>30.414,83</b>	<b>13.400,00</b>	<b>16.500,00</b>

**Tablica 45. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Varaždinsku županiju**

	2012	2020	2030
Papir	19,60%	11,94%	15,15%
Staklo	6,60%	12,69%	9,09%
Metali	4,10%	5,97%	4,24%
Plastika i kompoziti	11,60%	16,42%	12,12%
Organski	47,40%	23,88%	26,06%
Biootpad	38,47%	19,38%	21,15%
Vrtni otpad	8,93%	4,50%	4,91%
Opasni	0,00%	0,00%	0,00%
Elektronički	0,00%	2,99%	1,82%
Ostali	10,70%	29,85%	33,33%

**Slika 22. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Varaždinsku županiju****Tablica 46. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Varaždinsku županiju**

	2012	2020	2030
LHV [MJ/kg]	7,52	8,32	8,09

#### 7.4. Koprivničko-križevačka županija

**Tablica 47. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Koprivničko-križevačku županiju**

Godina	2012	2020	2030
Papir	539,45	5.100,00	8.100,00
Staklo	381,18	800,00	1.800,00
Metali	7,48	400,00	800,00
Plastika i kompoziti	87,69	1.300,00	3.000,00
Organski	210,64	6.300,00	6.390,00
Opasni	5,12	0,00	0,00
Elektronički	8,48	200,00	500,00
Miješani	18.019,50	8.100,00	10.600,00
Glomazni	311,24	400,00	600,00
<b>Ukupno</b>	<b>19.570,78</b>	<b>22.600,00</b>	<b>31.790,00</b>

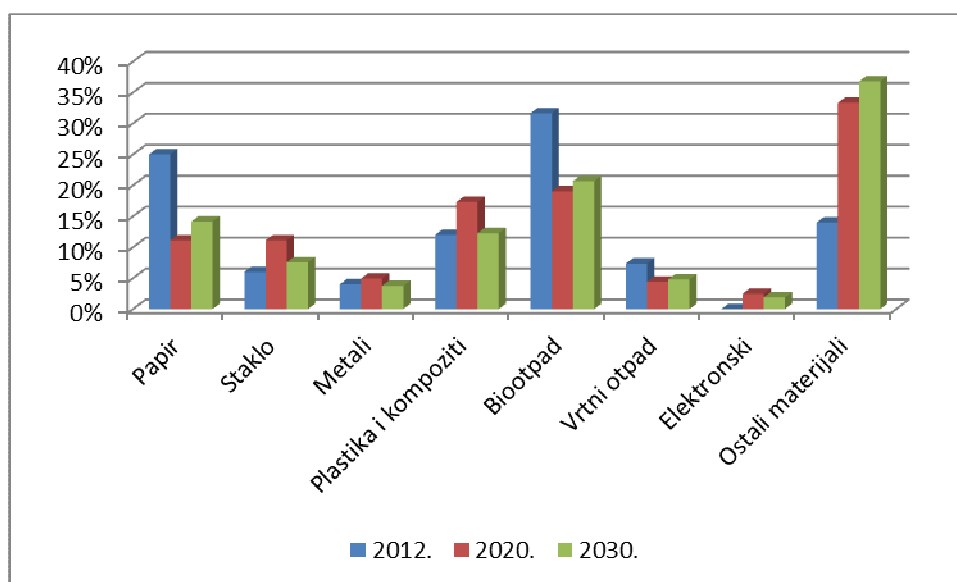
Kao što se može vidjeti, ukupni komunalni otpad će s godinama rasti dok će se količina miješanog naglo smanjiti do 2020. (zbog navedenih europskih direktiva). Pošto će uvjeti za 2020. godinu biti ispunjeni, postoji prostor za ponovno povećanje miješanog otpada koje se i događa do razdoblja 2030. godine. Takav blagi rast posljedica je toga što ukupni otpad i dalje raste dok zahtjevi za miješani otpad nisu toliko strogi za 2030. godinu u odnosu na zahtjeve za 2020. Unatoč naglom rastu organskog otpada do 2020., do 2030. će se smanjiti zbog istih direktiva koje zahtijevaju redukciju organskog otpada za 30%. Na donjim tablicama dane su projekcije miješanog otpada na odlagalištima te sastava miješanog komunalnog otpada (tablica 48 i 49).

**Tablica 48. Projekcija količine miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Koprivničko-križevačku županiju**

	2012	2020	2030
Odloženo			
Crnec	131,28	59,01	77,22
Hatačanova	307,65	138,29	180,97
Hintov	149,31	67,12	87,83
Ivančino brdo	5.310,66	2.387,21	3.124,00
Jandrin Grm	148,81	66,89	87,54
Klepa	226,48	101,80	133,22
ORL	161,34	72,52	94,91
Peski	152,32	68,47	89,60
Peski - Đurđevac	2.025,75	910,60	1.191,65
Piškornica	8.265,11	3.715,27	4.861,96
Šarje	220,46	99,10	129,69
Trema - Gmanje	920,33	413,70	541,39
<b>Ukupno</b>	<b>18.019,50</b>	<b>8.100,00</b>	<b>10.600,00</b>

**Tablica 49. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Koprivničko-križevačku županiju**

	2012	2020	2030
Papir	25,00%	11,11%	14,15%
Staklo	6,00%	11,11%	7,55%
Metali	4,00%	4,94%	3,77%
Plastika i kompoziti	12,00%	17,28%	12,26%
Organski	39,00%	23,46%	25,47%
Biootpad	31,65%	19,04%	20,67%
Vrtni otpad	7,35%	4,42%	4,80%
Opasni	0,00%	0,00%	0,00%
Elektronički	0,00%	2,47%	1,89%
Ostali	14,00%	33,33%	36,79%

**Slika 23. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Koprivničko-križevačku županiju****Tablica 50. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Koprivničko-križevačku županiju**

	2012	2020	2030
LHV [MJ/kg]	8,24	8,64	8,23

## 7.5. Međimurska županija

**Tablica 51. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za Međimursku županiju**

Godina	2012	2020	2030
Papir	1.054,28	2.000,00	3.700,00
Staklo	670,44	600,00	1.500,00
Metali	222,53	800,00	1.800,00
Plastika i kompoziti	1.282,78	1.500,00	3.500,00
Organski	1.709,88	6.400,00	8.110,00
Opasni	23,79	0,00	0,00
Elektronički	166,23	200,00	500,00
Miješani	12.186,76	9.600,00	13.200,00
Glomazni	763,92	900,00	1.500,00
<b>Ukupno</b>	<b>18.080,61</b>	<b>22.000,00</b>	<b>33.810,00</b>

Kao što se može vidjeti, ukupni komunalni otpad će s godinama rasti dok će se količina miješanog naglo smanjiti do 2020. (zbog navedenih europskih direktiva). Pošto će uvjeti za 2020. godinu biti ispunjeni, postoji prostor za ponovno povećanje miješanog otpada koje se i događa do razdoblja 2030. godine. Takav blagi rast posljedica je toga što ukupni otpad i dalje raste dok zahtjevi za miješani otpad nisu toliko strogi za 2030. godinu u odnosu na zahtjeve za 2020. Unatoč naglom rastu organskog otpada do 2020., do 2030. će se smanjiti zbog istih direktiva koje zahtijevaju redukciju organskog otpada za 30%. Na donjim tablicama dane su projekcije miješanog otpada na odlagalištima te sastava miješanog komunalnog otpada (tablica 52 i 53).

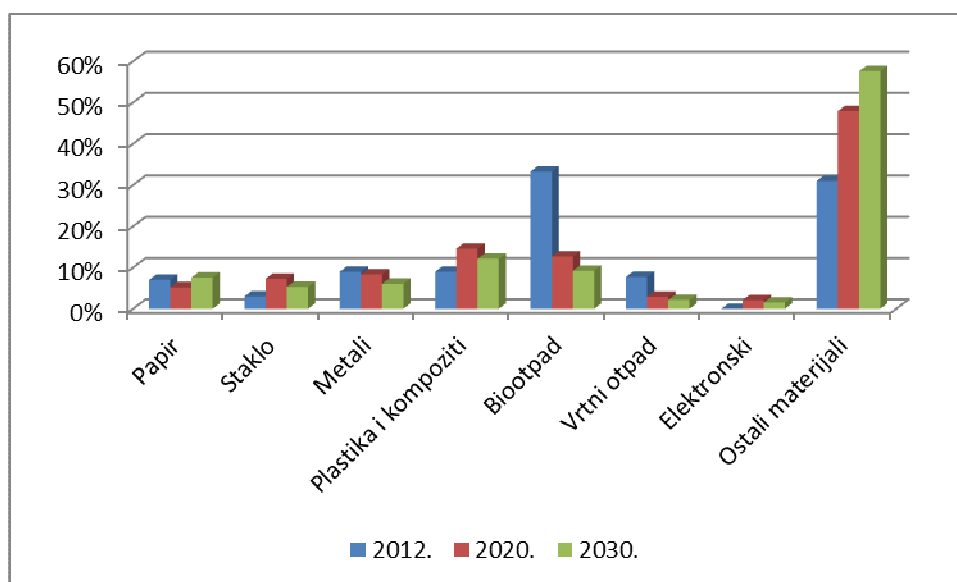
**Tablica 52. Projekcija količine odloženog miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za Međimursku županiju**

	2012	2020	2030
Totovec	12.186,76	9.600,00	13.200,00
<b>Ukupno</b>	<b>12.186,76</b>	<b>9.600,00</b>	<b>13.200,00</b>



**Tablica 53. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Međimursku županiju**

	2012	2020	2030
Papir	7,00%	5,21%	7,58%
Staklo	3,00%	7,29%	5,30%
Metali	9,00%	8,33%	6,06%
Plastika i kompoziti	9,00%	14,58%	12,12%
Organski	41,00%	15,63%	11,36%
Biootpad	33,28%	12,68%	9,22%
Vrtni otpad	7,72%	2,94%	2,14%
Opasni	0,00%	0,00%	0,00%
Elektronički	0,00%	2,08%	1,52%
Ostali	31,00%	47,92%	57,58%

**Slika 24. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za Međimursku županiju****Tablica 54. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za Međimursku županiju**

	2012	2020	2030
LHV [MJ/kg]	6,77	8,21	8,52

## 7.6. Županija Grada Zagreba

**Tablica 55. Projekcija količine ukupnog komunalnog otpada za županiju Grada Zagreba**

Godina	2012	2020	2030
Papir	1.447,00	59.700,00	82.200,00
Staklo	817,52	5.500,00	10.100,00
Metali	500,14	1.700,00	2.600,00
Plastika i kompoziti	1.695,41	38.100,00	71.100,00
Organski	31.707,41	107.200,00	107.250,00
Opasni	67,61	100,00	100,00
Elektronički	2.025,88	3.200,00	5.900,00
Miješani	232.587,16	108.300,00	115.000,00
Glomazni	24.444,68	29.200,00	38.100,00
<b>Ukupno</b>	<b>295.292,81</b>	<b>353.000,00</b>	<b>432.350,00</b>

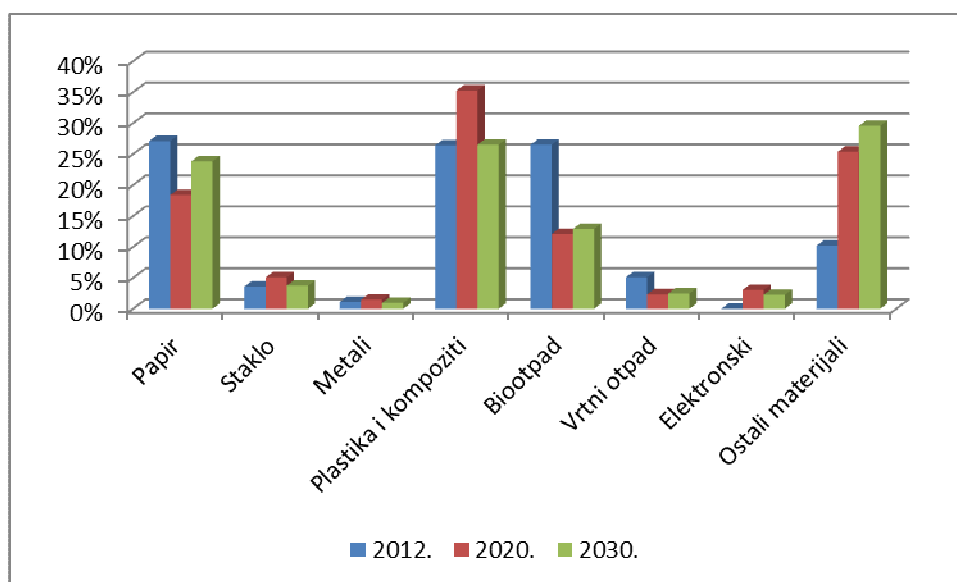
Kao što se može vidjeti, ukupni komunalni otpad će s godinama rasti dok će se količina miješanog naglo smanjiti do 2020. (zbog navedenih europskih direktiva). Pošto će uvjeti za 2020. godinu biti ispunjeni, postoji prostor za ponovno povećanje miješanog otpada koje se i događa do razdoblja 2030. godine. Takav blagi rast posljedica je toga što ukupni otpad i dalje raste dok zahtjevi za miješani otpad nisu toliko strogi za 2030. godinu u odnosu na zahtjeve za 2020. Unatoč naglom rastu organskog otpada do 2020., do 2030. će se smanjiti zbog istih direktiva koje zahtijevaju redukciju organskog otpada za 30%. Na donjim tablicama dane su projekcije miješanog otpada na odlagalištima te sastava miješanog komunalnog otpada (tablica 56 i 57).

**Tablica 56. Projekcija količine odloženog miješanog komunalnog otpada na odlagalištima za županiju Grada Zagreba**

	2012	2020	2030
Jakuševac	232.587,16	108.300,00	115.000,00
<b>Ukupno</b>	<b>232.587,16</b>	<b>108.300,00</b>	<b>115.000,00</b>

**Tablica 57. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za županiju Grada Zagreba**

	2012	2020	2030
Papir	27,10%	18,37%	23,83%
Staklo	3,60%	5,08%	3,74%
Metali	1,10%	1,48%	0,96%
Plastika i kompoziti	26,40%	35,27%	26,52%
Organski	31,60%	14,40%	15,39%
Biootpad	26,50%	12,08%	12,91%
Vrtni otpad	5,10%	2,32%	2,48%
Opasni	0,00%	0,00%	0,00%
Elektronički	0,00%	3,05%	2,26%
Ostali	10,20%	25,39%	29,57%

**Slika 25. Projekcija sastava miješanog komunalnog otpada za županiju Grada Zagreba****Tablica 58. Ogrjevna vrijednost miješanog komunalnog otpada za županiju Grada Zagreba**

	2012	2020	2030
LHV [MJ/kg]	11,07	12,53	11,63

## 8. EKONOMSKA ANALIZA POGONA SPALIONICE

U nastavku rada biti će dana ekonomska analiza pogona spalionice u dva slučaja: pogona samo s otpadom proizvedenim na području Grada Zagreba i održavanja punog pogona postrojenja za spalionicu korištenjem otpada i s područja ostalih županija SZ Hrvatske (uključujući prijevoz i pretovarne stanice). Ekonomska analiza postrojenja bit će dana kroz izračun unutarnje stope povrata (Internal rate of return - IRR) investicije koja predstavlja iznos diskontne stope koja izjednačava neto sadašnju vrijednost s nulom.

### 8.1. Pogon spalionice s otpadom proizvedenim na području Grada Zagreba

#### 8.1.1. Izračun unutarnje stope povrata investicije

Za izračun isplativosti potrebno je modelirati potrebno kogeneracijsko postrojenje kapaciteta koji zadovoljava potrebe Grada Zagreba, tj. 230.000 tona otpada godišnje. Tehno-ekonomski podaci za ovakvo modeliranje mogu se dobiti provođenjem regresijske analize bazirane podacima iz postojećih postrojenja [28]. Regresijska analiza je analiza koja se koristi za donošenje zaključaka o nizu slučajnih varijabli  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  koje ovise o nezavisnoj varijabli  $x$ . U ovom slučaju korišteni su postojeći podaci za više postrojenja gdje se pokušala ustanoviti povezanost između određenih varijabli, tj. našla veza. Uz već poznate podatke napravljena je aproksimacija (najčešće u obliku krivulje) čime je onda moguće iz realnih podataka doći do njihovog matematičkog opisa. Ovakva metodologija je već primijenjena na slučaj spalionice otpada u Gradu Zagrebu te su definirani potrebni tehno-ekonomski podaci, postrojenja kapaciteta 230.000 tona godišnje u punom pogonu, koji su potrebni za provođenje ove analize - Tablica 59 [2]. U tablici 59 su prikazani i tehno-ekonomski podaci ekvivalentnog postrojenja na biomasu (s jednakom toplinskom snagom) koje će se koristiti na kraju ovoga rada za usporedbu isplativosti izgradnje postrojenja na otpad i postrojenja na biomasu.

**Tablica 59. Tehno-ekonomski podaci postrojenja za TOO i postrojenja na biomasu [2]**

	<b>WtE plant</b>	<b>Biomass plant</b>
Capacity [t/a]:	233,000.00	168,051.93
Net overall efficiency ( $\eta_{\text{total}}$ ) [%]:	42.54	77.03
Electricity/heat production ratio (r):	0.40	0.41
Net heat efficiency ( $\eta_h$ ) [%]:	30.37	61.77
Net electrical efficiency ( $\eta_e$ ) [%]:	12.16	25.22
Working hours per year (h/a):	7,500	7,500
LHV of fuel [kWh/kg]:	3.08	3.4
Heat capacity of furnace [MW <sub>i</sub> ]:	96.43	54.42
Overall capacity [MW <sub>tot</sub> ]:	41.02	41.92
Heat capacity [MW <sub>i</sub> ]:	29.29	29.29
Electric capacity [MW <sub>e</sub> ]:	11.73	12.63
Fuel energy [MWh/a]:	723,197.93	408,126.11
Net heat production [MWh/a]:	219,668.54	219,668.54
Net electric production [MWh/a]:	87,951.55	94,691.70
Production of secondary iron [t/a]:	5,520.00	-
Production of secondary aluminium [t/a]:	920.00	-
Investment [€]:	153,578,900.00	31,492,899.08
Fixed O&M costs [€/a]:	6,143,156.00	692,843.80
Variable O&M costs [€/a]:	4,417,658.24	55,299.37
Personnel cost [€/a]:	1,456,919.06	189,473.7
Fuel cost [€/a]:	- 25,630,000.00	6,927,686.67

Uz, u tablici 59, navedenih investicijskih troškova i troškova održavanja i pogona za potrebe ovog rada potrebno je bilo definirati još neke veličine. Tako je za naknadu za zbrinjavanje otpada (gate fee) uzeta vrijednost od 110 €/t. Za djenu toplinske energije uzet je iznos izračunat na temelju vrijednosti iz cjenika HEP-Toplinarstva d.o.o. za Grad Zagreb [29]. Odabrana vrijednost je vrijednost izračunata iz tarifne stavke energija za kućanstva i industriju i poslovne potrošače čiji je doprinos konačnoj cijeni jednak udjelu pojedinog sektora u ukupnoj potrošnji CTS Zagreb [28]. Što se tiče cijene otkupne električne energije električne energije ona je određena prema Tarifnom sustavu za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije [30]. Prema tarifnom sustavu, pošto je ukupna učinkovitost energetske pretvorbe ispod 50% upotrebljava se referentna cijena električne energije „RC“ čiji je iznos definiran kao „cijena jednaka iznosu važeće tarifne stavke za radnu energiju po jedinstvenoj dnevnoj tarifi za opskrbu električnom energijom u okviru univerzalne usluge, tarifni model Plavi čiji je iznos određen člankom 39. stavkom 2. točkom 1.“. Period na koji se potpisuje ugovor o otkupu električne energije po ovim tarifama je 14 godina te će se na toj vremenskoj bazi i izračunavati ekonomska isplativost investicije. [28]

Što se tiče ukupnih rashoda, oni su jednaki troškovima pogona i održavanja postrojenja te ovisni o načinu financiranja, anuitetu za otplatu investicijskih troškova postrojenja.

Obzirom da se u ovome radu ekonomska analiza provodi metodom izračuna unutarnje stope povrata, neće biti provođeno financiranje kredita nego će ukupni investicijski trošak biti samo amortiziran po godinama eksploatacije postrojenja kako bi se umanjio iznos plaćenog poreza na dobit.

Prema projekciji otpada za županiju Grada Zagreba vidljivo je da će se količina miješanog komunalnog otpada kroz godine mijenjati (gdje će se do 2020. zabilježiti nagli pad nakon čega će postepeno rasti do 2030.) zbog čega se mijenja i godišnji broj radnih sati spalionice te zbog toga niti prihodi niti rashodi neće biti konstantni. U prihodovnom dijelu, promjena količine miješanog otpada utjecat će na dobit od naknade za zbrinjavanje otpada, proizvedenu električnu i toplinsku energiju koja će biti prodavana. Što se tiče rashodovne strane, promjena količine miješanog otpada utjecat će na pogonske troškove i troškove održavanja. Kao primjer, na donjoj tablici prikazana je cijena prihoda i rashoda postrojenja TOO u 4. godini rada.

**Tablica 60. Prikaz cijena, prihoda i rashoda postrojenja za TOO u 4. godini rada**

Troškovi:	
Troškovi pogona i održavanja [€/a]:	10.834.279,38
Prihodi:	
Količina obrađenog otpada [t/a]:	185.979,48
Naknada za zbrinjavanje otpada [€/t]:	110,00
Prihod od naknade za zbrinjavanje otpada [€/a]:	20.457.742,25
Proizvedena električna energija [MWh/a]:	73.642,18
Proizvedena toplinska energija [MWh/a]:	184.079,89
Prodajna cijena električne energije [€/kWh]:	0,0693
Prodajna cijena toplinske energije [€/kWh]:	0,0281
Prihod od prodane električne energije [€/a]:	5.104.960,35
Prihod od prodane toplinske energije [€/a]:	5.167.334,01

Na sljedećoj tablici prikazan je tok varijabilnih rashoda i prihoda ovisnih o količini miješanog komunalnog otpada kroz 14 godina. Treba napomenuti da su podaci o količini miješanog otpada za svaku godinu uzeti iz projekcije koja je dobivena korištenjem programa LCA-IWM, a njihova ogrjevnost vrijednost korištenjem projiciranih podataka o sastavu otpada i jednadžbe (2).

**Tablica 61. Tok rashoda i prihoda ovisnih o količini miješanog komunalnog otpada**

Godina	Troškovi	Dobiti		
	Pogona i održavanja	Od prodane električne energije	Od prodane toplinske energije	Od naknade za zbrinjavanje otpada
0				
1	12.009.905,89 €	6.083.957,87 €	6.158.293,17 €	25.584.587,60 €
2	11.618.030,39 €	5.770.999,68 €	5.841.511,17 €	23.875.639,15 €
3	11.226.154,88 €	5.444.667,17 €	5.511.191,45 €	22.166.690,70 €
4	10.834.279,38 €	5.104.960,35 €	5.167.334,01 €	20.457.742,25 €
5	10.442.403,88 €	4.751.879,22 €	4.809.938,85 €	18.748.793,80 €
6	10.050.528,37 €	4.385.423,78 €	4.439.005,97 €	17.039.845,35 €
7	9.658.652,87 €	4.005.594,03 €	4.054.535,36 €	15.330.896,90 €
8	9.266.777,37 €	3.612.389,97 €	3.656.527,04 €	13.621.948,45 €
9	8.874.901,87 €	3.205.811,60 €	3.244.981,00 €	11.913.000,00 €
10	8.891.801,86 €	3.202.390,77 €	3.241.518,36 €	11.986.700,00 €
11	8.908.701,86 €	3.198.683,98 €	3.237.766,29 €	12.060.400,00 €
12	8.925.601,86 €	3.194.691,25 €	3.233.724,77 €	12.134.100,00 €
13	8.942.501,86 €	3.190.412,56 €	3.229.393,81 €	12.207.800,00 €
14	8.959.401,85 €	3.185.847,93 €	3.224.773,40 €	12.281.500,00 €

Kako bi se prikazao cjelokupni ekonomski tok novca potrebno je uvrstiti u izračun i investicijske troškove.

**Tablica 62. Struktura investicijskih troškova i amortizacijski periodi postrojenja za TOO**

	Udio u investicijskim troškovima	Iznos	Amortizacija [god]
Ukupni investicijski troškovi [€]:	100,00%	153.578.900,00	
Infrastruktura i spremište otpada [€]:	8,17%	12.548.187,21	20
Komponente postrojenja [€]:	56,31%	86.473.377,09	15
Projektiranje [€]:	3,55%	5.455.733,57	5
Izgradnja [€]:	12,43%	19.095.067,50	20
Elektro-mehaničke instalacije [€]:	8,88%	13.639.333,93	15
Ostali investicijski troškovi [€]:	10,66%	16.367.200,71	15

Za izračun unutarnje stope povrata investicije, uzet je period trajanja ugovora o otkupu električne energije od 14 godina, dok je stopa poreza na dobit 20%. Ekonomski tok novca i IRR prikazan je na donjoj tablici.

**Tablica 63. Ekonomski tok novca postrojenja za TOO**

Godina	Bruto dobit	Amortizacija po godinama	Porezna osnovica	Porez	Tok novca
0	-153.578.900,00				-153.578.900,00 €
1	25.816.932,75 €	10.438.636,90 €	15.378.295,85 €	3.075.659,17 €	22.741.273,58 €
2	23.870.119,61 €	10.438.636,90 €	13.431.482,71 €	2.686.296,54 €	21.183.823,07 €
3	21.896.394,43 €	10.438.636,90 €	11.457.757,53 €	2.291.551,51 €	19.604.842,92 €
4	19.895.757,22 €	10.438.636,90 €	9.457.120,33 €	1.891.424,07 €	18.004.333,16 €
5	17.868.207,99 €	10.438.636,90 €	7.429.571,09 €	1.485.914,22 €	16.382.293,77 €
6	15.813.746,72 €	9.347.490,18 €	6.466.256,54 €	1.293.251,31 €	14.520.495,41 €
7	13.732.373,42 €	9.347.490,18 €	4.384.883,24 €	876.976,65 €	12.855.396,77 €
8	11.624.088,09 €	9.347.490,18 €	2.276.597,91 €	455.319,58 €	11.168.768,51 €
9	9.488.890,73 €	9.347.490,18 €	141.400,55 €	28.280,11 €	9.460.610,62 €
10	9.538.807,26 €	9.347.490,18 €	191.317,08 €	38.263,42 €	9.500.543,85 €
11	9.588.148,41 €	9.347.490,18 €	240.658,22 €	48.131,64 €	9.540.016,76 €
12	9.636.914,16 €	9.347.490,18 €	289.423,97 €	57.884,79 €	9.579.029,36 €
13	9.685.104,51 €	9.347.490,18 €	337.614,33 €	67.522,87 €	9.617.581,65 €
14	9.732.719,48 €	9.347.490,18 €	385.229,29 €	77.045,86 €	9.655.673,62 €
				<b>IRR</b>	<b>4,02%</b>

Bruto dobit iz prethodne tablice dobivena je kao razlika godišnjih prihoda i rashoda postrojenja, gdje u prihod ulaze prihodi od naknade za zbrinjavanje otpada, prihod od prodaje električne energije i prihod od prodaje toplinske energije, a u rashod troškovi pogona i održavanja (tablica 61).

Unutarnja stopa investicije iznosi 4,02%. Za razmatrani period povrata investicije od 14 godina i odabranu diskontnu stopu od 7%, ovaj iznos unutarnje stope pokazuje da je u ovakvim uvjetima ova investicija neisplativa. Razlog tome je nedovoljna količina miješanog otpada čime postrojenje ne radi pod punim pogonom. Moguće rješenje je dobava otpada iz drugih županija na području SZ Hrvatske kako bi se iskoristio puni potencijal postrojenja i povećali prihodi.



### 8.1.2. Analiza osjetljivosti

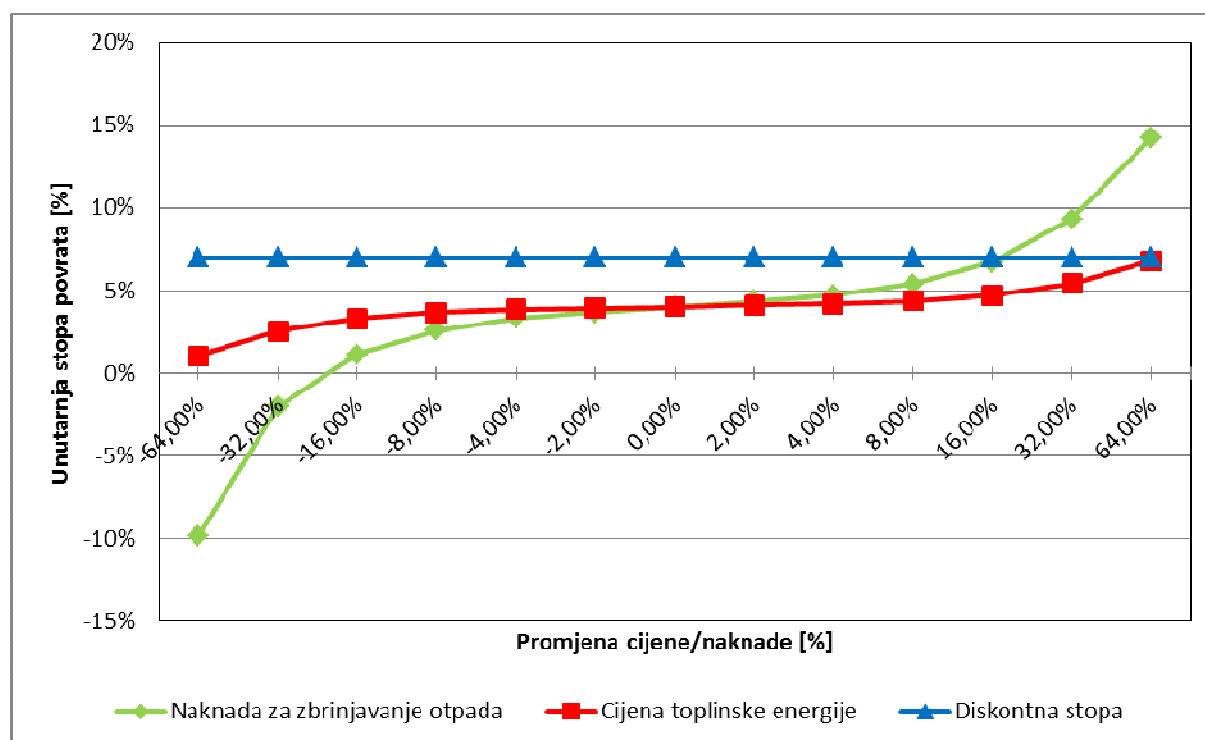
S obzirom da je primarna namjena postrojenja za termičku obradu otpada upravo zbrinjavanje i energetska uporaba komunalnog otpada, logično je da je naknada za zbrinjavanje jedan od glavnih parametara isplativosti investicije te će sigurno biti sagledan utjecaj promjene iznosa ove naknade na ekonomsku isplativost postrojenja. Kako se ovaj rad bazira na postrojenju koji je dio CTS-a druga veličina čiji će se utjecaj na isplativost promatrati je cijena toplinske energije. Također uzet će se u obzir utjecaj cijene električne energije.

Na tablici 64 prikazan je utjecaj promjene prethodno navedenih veličina, u rasponu od -64% do +64% na unutarnju stopu povrata investicije. Promjena cijene/naknade uzeta je u tom rasponu kako bi se jasnije prikazale razlike u promjenama IRR-a.

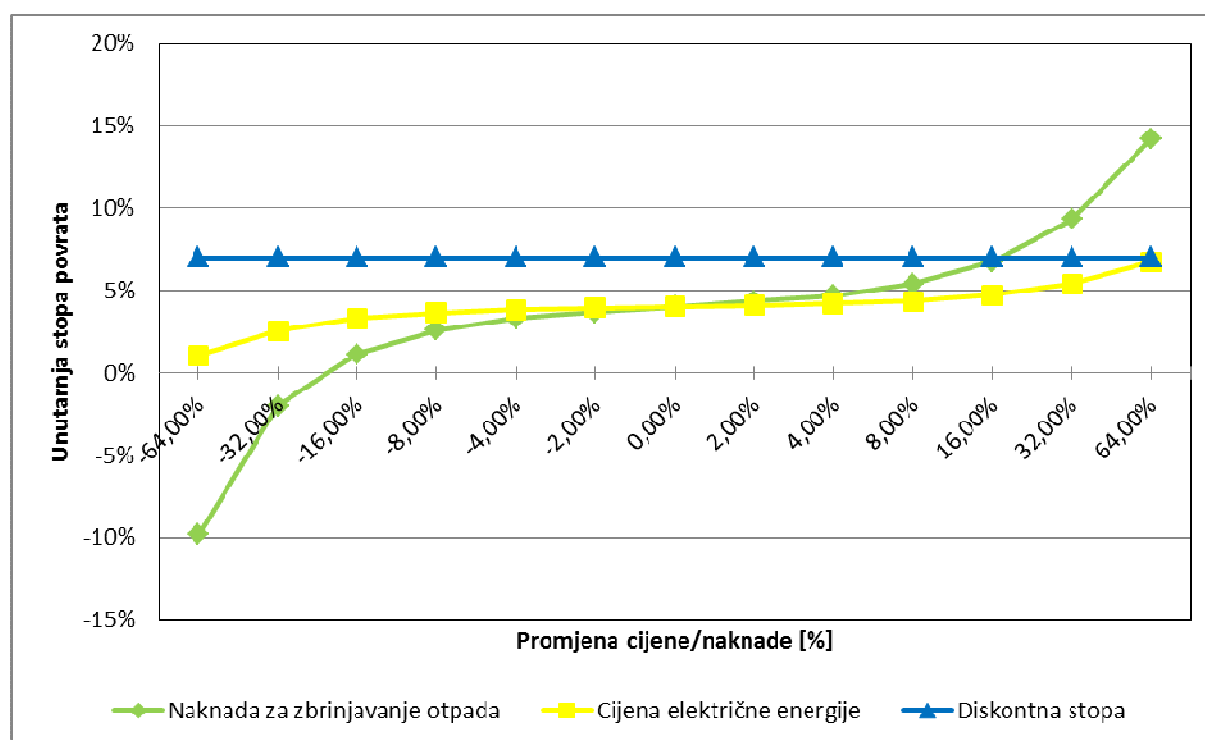
**Tablica 64. Utjecaj promjene cijene toplinske i električne energije te naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO**

Promjena cijene/naknade	Promjena IRR u funkciji promjene cijene toplinske energije	Promjena IRR u funkciji promjene cijene električne energije	Promjena IRR u funkciji promjene naknade za zbrinjavanje otpada
-64,00%	1,04%	1,08%	-9,81%
-32,00%	2,56%	2,58%	-2,02%
-16,00%	3,30%	3,31%	1,13%
-8,00%	3,66%	3,66%	2,60%
-4,00%	3,84%	3,84%	3,32%
-2,00%	3,93%	3,93%	3,67%
0,00%	4,02%	4,02%	4,02%
2,00%	4,11%	4,11%	4,37%
4,00%	4,20%	4,20%	4,71%
8,00%	4,38%	4,37%	5,39%
16,00%	4,73%	4,72%	6,73%
32,00%	5,42%	5,41%	9,32%
64,00%	6,79%	6,76%	14,25%

Za lakši prikaz kretanja i usporedbu, prethodno navedene promjene prikazane su u dijagramu (slika 26 i 27).



**Slika 26. Utjecaj promjene cijene toplinske energije i naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO**



**Slika 27. Utjecaj promjene cijene električne energije i naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO**

Kao što se može vidjeti, utjecaj promjene iznosa naknade za zbrinjavanje otpada ima puno veći utjecaj na isplativost investicije od promjene cijene i toplinske i električne energije. Ako se uzme u obzir iznos naknade i količina godišnje obrađenog otpada, ovakvi rezultati nimalo ne čude. Kako bi postrojenje za TOO bilo isplativo, vidljivo je da je potrebno povećati cijenu naknade za barem 16% od osnovne cijene što bi iznosilo 127,6 €/t otpada što je malo izgledno da bi se dogodilo. Što se tiče promjena cijena toplinske i električne energije, vidljivo je da njihov utjecaj na promjenu IRR nije tako velik kao u slučaju naknade. U oba slučaja ako bi se cijena energije povećala za čak 64%, investicija bi i dalje bila neisplativa. Treba napomenuti da je u slučaju promjene cijene otkupa električne i toplinske energije, utjecaj na IRR gotovo identičan (pogledati tablicu 64). Drugim riječima, promjena cijene bilo koje vrste energije neće ostvariti nikakvu prednost jedne u odnosu na onu drugu.

## 8.2. Pogon spalionice s otpadom proizvedenim na području Grada Zagreba i sjeverozapadne Hrvatske

### 8.2.1. Izračun unutarnje stope povrata investicije

Izračun isplativosti ovog postrojenja radi se na sličan način kao u prethodnom slučaju uz par implementacija. Kao prvo, otpad kojim će raspolagati spalionica uz Grad Zagreb uključuje i otpad iz drugih županija SZ Hrvatske. Kao drugo, postojeća odlagališta na području SZ Hrvatske potrebno je pretvoriti u pretovarne stanice u kojima će se doneseni otpad iz gradova pripremati i voziti do spalionice u Zagrebu kamionima puno većih kapaciteta od onih u lokalnim komunalnim službama. Drugim riječima, na strani dobiti će utjecati dodatni otpad koji se doveze u Zagreb, a na strani rashoda troškovi izgradnje pretovarnih stanica na pozicijama trenutačnih odlagališta i njihovo održavanje te troškovi vezani za prijevoz otpada (te pogonski troškovi i troškovi održavanja postrojenja koji će se povećati zbog povećanja količine miješanog otpada).

Kako bi se izračunali troškovi vezani za pretovarne stanice, bilo je potrebno naći podatke o investicijskom troškovima izgradnje te pogonskih troškova i troškova održavanja. Većina troškova bazira se na tome koliki je kapacitet odlagališta, gdje su zadane okvirne cijene troškova investicije. Na temelju toga pregledom količine otpada mogu se izračunati troškovi za pretovarne stanice.

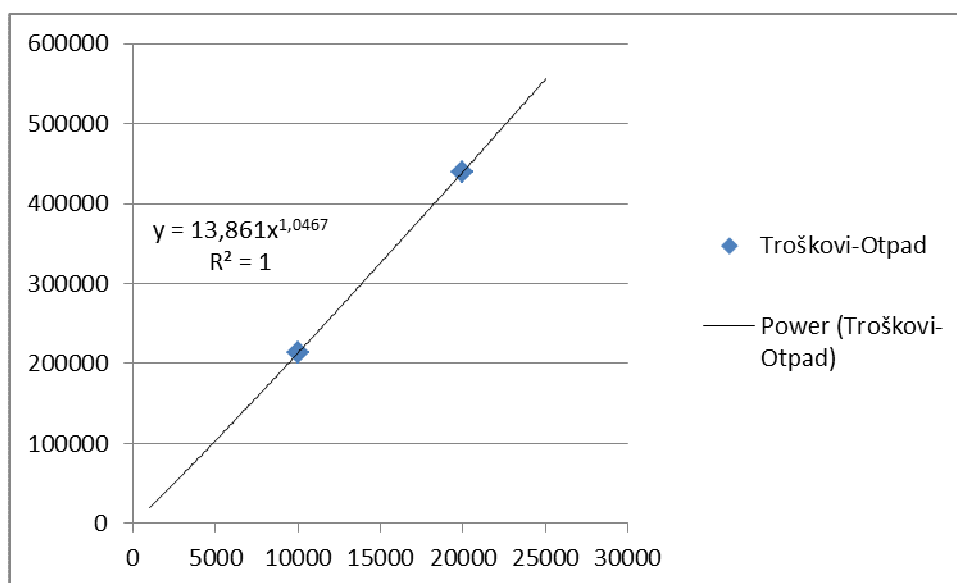
Investicijski trošak može se izračunati iz sljedeće tablice:

**TABLE 3.2 Investment costs of transfer stations**

Capacity (t·y <sup>-1</sup> )	Investment costs (2006 10 <sup>3</sup> US\$)
10,000–20,000	213–440
40,000–60,000	565–816
80,000–100,000	879–1,130

**Slika 28. Investicijski troškovi pretovarnih stanica [31]**

Treba napomenuti da iako su ovi podaci izraženi u dolarima, cijene su izvučene iz Europe (točnije Italije), a onda prilagođene za američko izdanje. Pošto su odlagališta u SZ Hrvatskoj malog kapaciteta, dovoljan je prvi podatak o kapacitetu i cijeni. Uvrštavanjem podataka i provođenjem regresijske analize u Excelu, dobivena je jednadžba krivulje koja bi računala trošak investicije u odnosu na kapacitet odlagališta. Krivulja je prikazana na donjoj slici.



**Slika 29. Krivulja ponašanja cijene investicije u odnosu na kapacitet odlagališta**

U pretovarne stanice bit će pretvorena sva odlagališta koja su prije navedena osim odlagališta Jakuševac jer će se u gradu Zagrebu otpad dovoditi direktno u postrojenje. Izračunavanjem potrebne investicije za svako odlagalište te zbrajanjem, dobiveno je da će investicijski troškovi za izgradnju pretovarnih stanica iznositi 1.984.818,22 €. Uspostavljanjem amortizacije na 15 godina troškovi će iznositi 132.321,21 €/a.

**Tablica 65. Struktura investicijskih troškova i amortizacijski periodi postrojenja za TOO uključujući pretovarne stanice**

	Udio u investicijskim troškovima	Iznos	Amortizacija [god]
Ukupni investicijski troškovi [€]:	100,00%	155.563.718,22	
Infrastruktura i spremište otpada [€]:	8,17%	12.548.187,21	20
Komponente postrojenja [€]:	56,31%	86.473.377,09	15
Projektiranje [€]:	3,55%	5.455.733,57	5
Izgradnja [€]:	12,43%	19.095.067,50	20
Elektro-mehaničke instalacije [€]:	8,88%	13.639.333,93	15
Ostali investicijski troškovi [€]:	10,66%	16.367.200,71	15
Pretovarne stanice (TS) [€]:	/	1.984.818,22	15

Pogonski troškovi i troškovi održavanja iznose 28% investicijskih troškova [32] pa iznosi 559.718,74 € na godišnjoj bazi.

Što se tiče troškova prijevoza, trebalo je doći do različitih podataka. Za početak trebalo je izračunati i odrediti udaljenost od postojećih odlagališta do postrojenja za TOO u Zagrebu. Podaci su ručno dobiveni mjerenjem na internetu unutar aplikacije Google Maps gdje se probalo naći što optimalniji i bliži put od odlagališta do spalionice. Potom su odlagališta razvrstana po udaljenosti od najbližeg pa do najdaljeg u odnosu na spalionicu. Nakon toga je, uz pomoć podataka o projekciji miješanog otpada u različitim županijama i odlagalištima te udaljenosti pojedinih odlagališta, određen prioritet uzimanja otpada te godišnja količina preuzetog otpada sa svakog odlagališta kako bi se postavio što optimalniji sustav i smanjili troškovi prijevoza. U prvoj godini spalionicu bi snabdijevao samo otpad s Jakuševca, tj. iz Zagreba, dok bi u drugoj nedostatak otpada s Jakuševca pokrivalo odlagalište Mraclinska Dubrava. U daljnjim godinama smanjivanjem miješanog otpada zbog EU direktivi, ali i konstantne potrebe spalionice za optimalnom količinom otpada kako bi radio što bliže punom pogonu, već u 2018. godini miješani otpad sa svih odlagališta odlazio bi u Zagreb u spalionicu. Na donjim tablicama u prvom stupcu nalazi se količina miješanog otpada koji se dovodi sa odlagališta, a u drugom potreban broj za pogon spalionice s konstantnim brojem radnih sati godišnje.

**Tablica 66. Usporedba dovezenog otpada s odlagališta i potrebnog za puni pogon spalionice**

	Ukupno skupljeno:	Potrebno:
2012	232.587,16	232.587,16
2013	236.592,64	232.587,16
2014	237.342,69	232.587,16
2015	242.656,51	232.587,16
2016	234.344,65	232.587,16
2017	234.330,69	232.587,16
2018	231.761,20	232.587,16
2019	206.330,60	232.587,16
2020	180.900,00	232.587,16
2021	183.440,00	232.587,16
2022	185.980,00	232.587,16
2023	188.520,00	232.587,16
2024	191.060,00	232.587,16
2025	193.600,00	232.587,16
2026	196.140,00	232.587,16
2027	198.680,00	232.587,16
2028	201.220,00	232.587,16
2029	203.760,00	232.587,16
2030	206.300,00	232.587,16

Pošto su određena prioritetna odlagališta ovisno o udaljenosti i količini potrebnog otpada, trebalo je izračunati koliko puta godišnje bi bio potreban prijevoz. S obzirom da su uzeti kamioni čija je nosivost 24 tone, lako se moglo doći do tog podatka. Uz izračunati prijeđen broj kilometara godišnje, mogla se izračunati potrošnja goriva u kamionima. Uz pretpostavljenu potrošnju kamiona od 30 l/100km te cijene goriva od 8 kn/l, dobiveni su troškovi za gorivo. Naravno trebalo je izračunati i troškove plaćanja radnika koji bi vozili kamione. Uz izračunato potrebno vrijeme vožnje (koje se dobilo korištenjem pretpostavljene srednja brzina kamiona od 80 km/h) te vremena za pretovar i istovar (koje je procijenjeno na 30 minuta), došlo se do podataka i izračuna koliko je potrebno radnika i kamiona kako bi se vršio neprestani prijevoz otpada. Za izračun potrebnog broja radnika uzete su dnevne smjene od 8 sati. Nakon određivanja broja kamiona te uz izračunati prijeđen broj kilometara godišnje, izračunata je potrošnja goriva u kamionima. Uz pretpostavljenu potrošnju kamiona od 30 l/100km te cijene goriva od 8 kn/l, dobiveni su troškovi za gorivo. Pritom, broj radnika je sugerirao koliko su troškovi za plaću radnika. Za plaću radnika uzeta je prosječna bruto plaća

u Hrvatskoj za 2014. koja iznosi 7953 kune [33]. Zbrajanjem godišnjih troškova na vozače i gorivo dobiveni su ukupni troškovi prijevoza miješanog komunalnog otpada od pretovarnih stanica do postrojenja. Ti varijabilni troškovi uključeni su u ukupne troškove nevezane za investiciju.

Na sljedećim tablicama mogu se vidjeti tokovi varijabilnih troškova te dobiti gdje su uključene pretovarne stanice.

**Tablica 67. Tok varijabilnih rashoda ovisnih o količini miješanog komunalnog otpada s troškovima prijevoza zbog pretovarnih stanica**

Godina	Troškovi	
	Pogona i održavanja	Prijevoza
0		
1	12.009.905,89 €	0,00 €
2	12.009.905,89 €	22.280,29 €
3	12.009.905,89 €	34.841,28 €
4	11.994.245,72 €	65.191,56 €
5	11.512.083,94 €	89.115,27 €
6	11.029.922,16 €	139.790,91 €
7	11.078.080,33 €	204.432,33 €
8	11.126.238,49 €	188.864,76 €
9	11.174.396,65 €	160.838,18 €
10	11.222.554,81 €	164.267,00 €
11	11.270.712,98 €	167.695,82 €
12	11.318.871,14 €	171.124,64 €
13	11.367.029,30 €	187.012,46 €
14	11.415.187,47 €	190.441,28 €



**Tablica 68. Tok varijabilnih prihoda ovisnih o količini miješanog komunalnog otpada**

Godina	Dobit		
	Od prodane električne energije	Od prodane toplinske energije	Od naknade za zbrinjavanje otpada
0			
1	6.083.957,87 €	6.158.293,17 €	25.584.587,60 €
2	6.019.804,44 €	6.093.355,89 €	25.584.587,60 €
3	5.978.831,59 €	6.051.882,42 €	25.584.587,60 €
4	5.899.592,38 €	6.093.355,89 €	25.493.731,73 €
5	5.908.298,44 €	5.980.487,48 €	22.696.365,86 €
6	5.845.512,91 €	5.916.934,83 €	19.899.000,00 €
7	5.775.901,83 €	5.846.473,22 €	20.178.400,00 €
8	5.212.857,46 €	5.276.549,44 €	20.457.800,00 €
9	4.631.725,82 €	4.688.317,39 €	20.737.200,00 €
10	4.660.897,89 €	4.717.845,88 €	21.016.600,00 €
11	4.689.619,15 €	4.746.918,07 €	21.296.000,00 €
12	4.717.889,61 €	4.775.533,94 €	21.575.400,00 €
13	4.745.709,27 €	4.803.693,51 €	21.854.800,00 €
14	4.773.078,12 €	4.831.396,77 €	22.134.200,00 €

**Tablica 69. Ekonomski tok novca postrojenja za TOO s pretovarnim stanicama**

Godina	Bruto dobit	Amortizacija po godinama	Porezna osnovica	Porez	Tok novca
0	-155.563.718,22				-155.563.718,22 €
1	25.257.214,01 €	10.570.958,11 €	14.686.255,90 €	2.937.251,18 €	22.319.962,83 €
2	25.105.843,01 €	10.570.958,11 €	14.534.884,90 €	2.906.976,98 €	22.198.866,03 €
3	25.010.835,71 €	10.570.958,11 €	14.439.877,60 €	2.887.975,52 €	22.122.860,19 €
4	24.867.523,98 €	10.570.958,11 €	14.296.565,87 €	2.859.313,17 €	22.008.210,81 €
5	22.424.233,83 €	10.570.958,11 €	11.853.275,72 €	2.370.655,14 €	20.053.578,69 €
6	19.932.015,93 €	9.479.811,40 €	10.452.204,53 €	2.090.440,91 €	17.841.575,02 €
7	19.958.543,66 €	9.479.811,40 €	10.478.732,26 €	2.095.746,45 €	17.862.797,20 €
8	19.072.384,91 €	9.479.811,40 €	9.592.573,52 €	1.918.514,70 €	17.153.870,21 €
9	18.162.289,65 €	9.479.811,40 €	8.682.478,25 €	1.736.495,65 €	16.425.794,00 €
10	18.448.803,22 €	9.479.811,40 €	8.968.991,82 €	1.793.798,36 €	16.655.004,86 €
11	18.734.409,68 €	9.479.811,40 €	9.254.598,28 €	1.850.919,66 €	16.883.490,03 €
12	19.019.109,04 €	9.479.811,40 €	9.539.297,64 €	1.907.859,53 €	17.111.249,51 €
13	19.290.442,27 €	9.479.811,40 €	9.810.630,87 €	1.962.126,17 €	17.328.316,10 €
14	19.573.327,41 €	9.479.811,40 €	10.093.516,01 €	2.018.703,20 €	17.554.624,20 €
				<b>IRR</b>	<b>8,56%</b>

Bruto dobit iz prethodne tablice dobivena je kao razlika godišnjih prihoda i rashoda postrojenja, gdje u prihod ulaze prihodi od naknade za zbrinjavanje otpada, prihod od prodaje električne energije i prihod od prodaje toplinske energije, a u rashod troškovi pogona i održavanja postrojenja i pretovarnih stanica te troškovi prijevoza (tablica 67).

Unutarnja stopa investicije iznosi 8,56%. Za razmatrani period povrata investicije od 14 godina i odabranu diskontnu stopu od 7%, ovaj iznos unutarnje stope povrata pokazuje da je trenutna investicija isplativa i održiva. Unatoč novim troškovima zbog prijevoza otpada s pretovarnih stanica te troškova izgradnje i održavanja tih istih pretovarnih stanica, dovoz dodatnih količina otpada pridonosi dobiti. Povećava se zarada od prodaje energije te naknada zbog zbrinjavanja otpada. Ovime se pokazalo da bi ovakav projekt trebalo poticati gdje ne samo da će doći do povrata investicije i zarade, već će se i riješiti problem odlaganja otpada u cijeloj SZ Hrvatskoj. Pošto u kasnijim godinama postrojenje ne radi s punim brojem radnih sati, mogao bi se na ovaj način preuzeti i otpad iz još poneke županije.

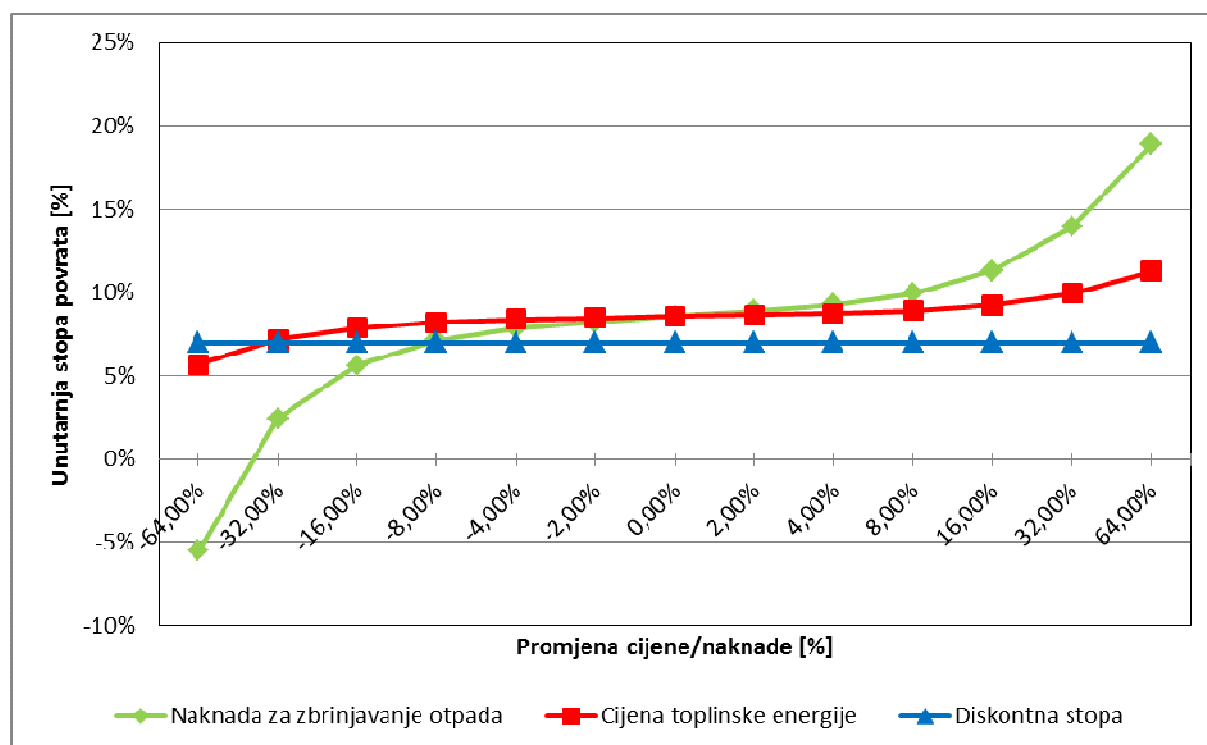
### **8.2.2. Analiza osjetljivosti**

U poglavlju 8.1.1. navedeni su čimbenici koji utječu na isplativost investicije. Ti čimbenici vrijede i sad gdje pritom treba nadodati da bi naknada za zbrinjavanje otpada u ovom slučaju mogla imati i još veću ulogu na isplativost investicije zbog dodatnog dovođenja otpada. Također treba uzeti u obzir da je i dodatnim otpadom povećan prihod od prodaje električne i toplinske energije. Što se tiče rashoda, zbog investicija u pretovarne stanice, oni će se povećati. U tablici 70 prikazan je utjecaj promjene prethodno navedenih veličina iz poglavlja 8.1.1., u rasponu od -64% do +64% na unutarnju stopu povrata investicije. Promjena cijene/naknade uzeta je u tom rasponu kako bi se jasnije prikazale razlike u promjenama IRR.

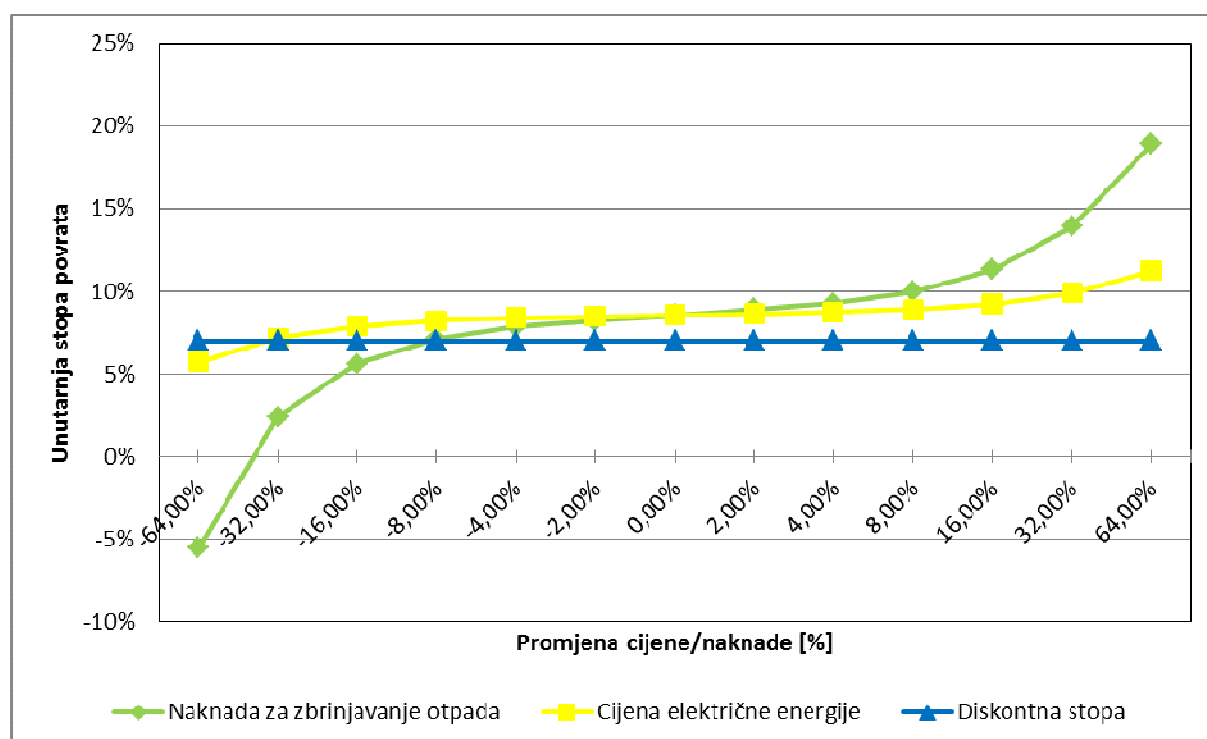
**Tablica 70. Utjecaj promjene cijene toplinske i električne energije te naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO s pretovarnim stanicama**

Promjena cijene/naknade	Promjena IRR u funkciji promjene cijene toplinske energije	Promjena IRR u funkciji promjene cijene električne energije	Promjena IRR u funkciji promjene naknade za zbrinjavanje otpada
-64,00%	5,70%	5,74%	-5,53%
-32,00%	7,16%	7,18%	2,42%
-16,00%	7,86%	7,87%	5,63%
-8,00%	8,22%	8,22%	7,12%
-4,00%	8,39%	8,39%	7,85%
-2,00%	8,48%	8,48%	8,21%
0,00%	8,56%	8,56%	8,56%
2,00%	8,65%	8,65%	8,92%
4,00%	8,74%	8,73%	9,27%
8,00%	8,91%	8,90%	9,96%
16,00%	9,25%	9,24%	11,32%
32,00%	9,93%	9,91%	13,94%
64,00%	11,26%	11,22%	18,90%

Za lakši prikaz kretanja i usporedbu, prethodno navedene promjene prikazane su u dijagramu (slika 30 i 31).



**Slika 30. Utjecaj promjene cijene toplinske energije i naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO s pretovarnim stanicama**



**Slika 31. Utjecaj promjene cijene električne energije i naknade za zbrinjavanje otpada na IRR postrojenja za TOO s pretovarnim stanicama**

Kao što se može vidjeti, utjecaj promjene iznosa naknade za zbrinjavanje otpada ima puno veći utjecaj na isplativost investicije od promjene cijene i toplinske i električne energije. Slična usporedba viđena je i u prvom slučaju. Ako se uzme u obzir iznos naknade i količina godišnje obrađenog otpada, ovakvi rezultati nimalo ne čude. Iako je investicija sama od sebe već isplativa, sitnim promjenama može se još više utjecati. Smanjenjem cijene naknade za 8% od osnovne cijene, investicija bi i dalje bila isplativa što je veliki plus u slučaju da se dogodi nepovoljna situacija. Povećanjem cijene naknade za otpad za 8% i više, vidi se značajnija promjena i povećanje interne stope povrata gdje bi takvo povećanje bilo realnije nego ono koje se zahtjeva u prvom slučaju. Što se tiče promjena cijena toplinske i električne energije, vidljivo je da njihov utjecaj na promjenu IRR nije tako velik kao u slučaju naknade. U oba slučaja ako bi se otkupna cijena energije smanjila za čak 32%, investicija bi i dalje bila isplativa. Primjetljivija promjena IRR događa se tek promjenom cijene energije za 32% na više. Treba napomenuti da je u slučaju promjene cijene otkupa električne i toplinske energije, utjecaj na IRR gotovo identičan (pogledati tablicu 70). Drugim riječima, promjena cijene bilo koje vrste energije neće ostvariti nikakvu prednost jedne u odnosu na onu drugu.

## 9. ZAKLJUČAK

Odlukom da se u skorije vrijeme u naselju Resnik u Zagrebu izgradi postrojenje za TOO u nekoliko je navrata dovela u pitanje opravdanost izgradnje takvog postrojenja. Unatoč činjenici da bi spalionica bila modernog tipa, ne samo u pogledu izgleda i tehnologije, već i načina pročišćavanja dimnih plinova, javnost je podijeljena, a mnogi stanovnici Resnika glasni su protiv takvog projekta.

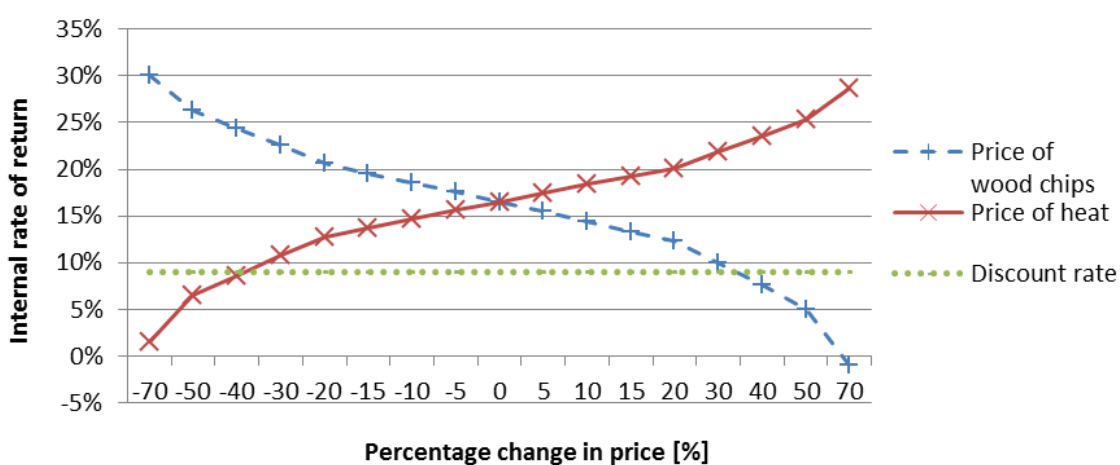
Kako bi se opravdala izgradnja takvog postrojenja sa svim svojim prednostima i manama, bilo je potrebno izvršiti ekonomsku analizu. Pritom je izrađena projekcija komunalnog otpada do 2030. godine kako bi se doznalo kojom će količinom otpada buduća spalionica raspolagati. Uza sve to, Hrvatska, kao članica EU-a, ima za cilj ispoštovati uvjete i direktive koje nalažu povećanje recikliranja otpada i ponovne uporabe te smanjenje biootpada (što je uzeto u obzir pri projekciji otpada). Time će se količina miješanog komunalnog otpada znatno smanjiti do 2020. godine nakon koje će početi bilježiti blagi rast (što je objašnjeno u poglavlju projekcije otpada).

Provedbom ekonomske analize doznalo se da postrojenje za TOO u Zagrebu pri takvim uvjetima ne opravdava investiciju i nije isplativa u slučaju korištenja otpada samo s područja Grada Zagreba (IRR 4,02% u odnosu na diskontnu stopu od 7%). Isplativost je moguća samo u slučaju povećanja naknade za zbrinjavanje otpada za 32% ili više, što je vrlo mala mogućnost da će se dogoditi, pogotovo u ovom kratkom roku.

Zbog nedovoljne količine otpada u Zagrebu, drugi scenarij bio je preuzimanje otpada iz okolnih županija (na području sjeverozapadne Hrvatske) kako bi se zadovoljile potrebe spalionice za rad pri punom pogonu. Izgradnjom pretovarnih stanica na mjestu današnjih odlagališta, skupljanje i prijevoz komunalnog otpada bi se moderniziralo i ubrzalo. Ovakav projekt pokazao se ekonomski isplativim (IRR 8,56% u odnosu na diskontnu stopu od 7%) što daje povoda za ozbiljnijim razmatranjem modernizacije sustava gospodarenja otpadom u SZ Hrvatskoj. Povećanjem cijene otkupne toplinske i električne energije moguće je povećati isplativost investicije, ali ipak ne do te granice koliko je moguće povećanjem naknade za zbrinjavanje otpada. Unatoč dodatnom otpadu kojim se postrojenje za TOO snabdijeva sa područja cijele SZ Hrvatske, iz tablice 66 može se vidjeti da na prijelazu između 2018. i 2019. godine količina komunalnog otpada neće biti dostatna za puni rad pogona spalionice (čime se trend nedovoljne količine otpada nastavlja do 2030. godine). Time se postavlja pitanje treba li

proširiti sustav izvan područja sjeverozapadne Hrvatske kojem bi se za početak priključile ove 3 županije: Sisačko-moslavačka, Karlovačka te Bjelovarsko-bilogorska.

Ako bi se ovi rezultati IRR-a spalionice otpada usporedili s rezultatima postrojenja na biomasu, ekvivalentnog sa stajališta proizvedene toplinske energije, čiji su tehno-ekonmski podaci navedeni u tablici 59, vidjelo bi se da je postrojenje na biomasu s IRR-om od 16,54% puno isplativije. Ukoliko se pogleda analiza osjetljivosti, vidljivo je da je isplativost investicije relativno neosjetljiva. [2]



**Slika 32. Utjecaj promjene cijene otkupa toplinske energije i drvene sječke na IRR postrojenja na biomasu [2]**

## LITERATURA

- [1] ManagEnergy: COM(2007) 1 FINAL: Energy for a changing world - an energy policy for Europe  
<http://www.managenergy.net/resources/%20881#.Vk43KL9I077>; 16.11.2015.
- [2] Tomić, T., Ćosić, B., Schneider D.R.: Economic viability of biomass and MSW-fuelled District Heating System: Case of the City of Zagreb, Proceedings of the 10th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, SDEWES2015.0291, 1-18 (2015)
- [3] HEP Toplinarstvo d.o.o. Pojmovnik  
<http://www.hep.hr/toplinarstvo/pojmovnik.aspx>; 15.11.2015.
- [4] HEP Toplinarstvo - Centralni toplinski sustav Zagreba  
<http://www.hep.hr/toplinarstvo/publikacije/PKG3147.pdf>; 15.11.2015.
- [5] Gospodarenje otpadom  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Gospodarenje\\_otpadom](https://hr.wikipedia.org/wiki/Gospodarenje_otpadom); 15.11.2015.
- [6] Waste management  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Waste\\_management](https://en.wikipedia.org/wiki/Waste_management); 15.11.2015.
- [7] Katalog otpada, AZO  
<http://www.azo.hr/lgs.axd?t=16&id=1198>; 30.10.2015.
- [8] Main EU Directives on Waste  
[http://web.archive.org/web/20071007232207/http://www.foe.co.uk/resource/briefings/main\\_uk\\_directives.pdf](http://web.archive.org/web/20071007232207/http://www.foe.co.uk/resource/briefings/main_uk_directives.pdf); 16.11.2015.
- [9] Spalionice otpada  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Spalionice\\_otpada](https://hr.wikipedia.org/wiki/Spalionice_otpada); 16.11.2015.
- [10] Waste to Energy plants in France  
<http://www.industcards.com/wte-france.htm>; 16.11.2015.
- [11] Proizvodnja energije iz otpada  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Proizvodnja\\_energije\\_iz\\_otpada](https://hr.wikipedia.org/wiki/Proizvodnja_energije_iz_otpada); 16.11.2015.
- [12] Dobivanje energije iz komunalnog otpada  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Dobivanje\\_energije\\_iz\\_komunalnog\\_otpada](https://hr.wikipedia.org/wiki/Dobivanje_energije_iz_komunalnog_otpada); 16.11.2015.



- [13] Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:332:0091:0111:EN:PDF>; 16.11.2015.
- [14] WASTE GASIFICATION: Impacts on the environment and public health  
<http://www.bredl.org/pdf/wastegasification.pdf>; 17.11.2015.
- [15] Rosenthal, E.: „Europe Finds Clean Energy in Trash, but U.S. Lags“, The New York Times, 2010.  
<http://www.nytimes.com/2010/04/13/science/earth/13trash.html?scp=1&sq=trash&st=cse&r=0>; 17.11.2015.
- [16] Fellner, J., Cencic, O., Rechberger, H.: A New Method to Determine the Ratio of Electricity Production from Fossil and Biogenic Sources in Waste-to-Energy Plants, Environmental Science & Technology, 41(7): 2579-2586, 2007.
- [17] Mohn, J., Szidat, S., Fellner, J., Rechberger, H., Quartier, R., Buchmann, B., Emmenegger, L.: Determination of biogenic and fossil CO<sub>2</sub> emitted by waste incineration based on <sup>14</sup>CO<sub>2</sub> and mass balances, Bioresource Technology, 99:6471-6479, 2008.
- [18] Odlagalište otpada  
[https://hr.wikipedia.org/wiki/Odlagali%C5%A1te\\_otpada](https://hr.wikipedia.org/wiki/Odlagali%C5%A1te_otpada); 20.11.2015.
- [19] AZO - Agencija za zaštitu okoliša: Izvješće o komunalnom otpadu za 2012. godinu, Zagreb, 2014.
- [20] Plan gospodarenja otpadom Zagrebačke županije  
[http://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer\\_public/70/31/7031202c-530f-49b2-8326-c7b68f43f2d3/plan\\_gospodarenja\\_otpadom.pdf](http://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/70/31/7031202c-530f-49b2-8326-c7b68f43f2d3/plan_gospodarenja_otpadom.pdf); 20.10.2015.
- [21] Plan gospodarenja otpadom Krapinsko-zagorske županije za razdoblje 2008.-2015.  
[http://www.kzz.hr/str.aspx?content\\_id=plan-gospodarenja-otpadom](http://www.kzz.hr/str.aspx?content_id=plan-gospodarenja-otpadom); 20.10.2015.
- [22] Plan gospodarenja otpadom Varaždinske županije za razdoblje 2008.-2015.  
[http://www.rcgo-piskornica.hr/piskornica/PGO\\_Vzz\\_%202008-2015.pdf](http://www.rcgo-piskornica.hr/piskornica/PGO_Vzz_%202008-2015.pdf); 20.10.2015.

- [23] Plan gospodarenja otpadom Koprivničko-križevačke županije za razdoblje 2008.-2015.  
<http://kckzz.hr/wp-content/uploads/2008/07/Izvje%C5%A1%C4%87e-o-provedbi-PGO-Koprivni%C4%8Dko-kri%C5%BEeva%C4%8Dke-%C5%BEupanije-stanje-u-2012..pdf>; 20.10.2015.
- [24] Plan gospodarenja otpadom Međimurske županije  
[http://www.medjimurska-zupanija.hr/pdf/Plan\\_gospodarenja\\_otpadom.pdf](http://www.medjimurska-zupanija.hr/pdf/Plan_gospodarenja_otpadom.pdf); 20.10.2015.
- [25] Plan gospodarenja otpadom županije Grada Zagreba do 2015.  
[http://web.zagreb.hr/Sjednice/2013/Big\\_Attach\\_2013.nsf/0/266360D753B4947AC1257D4F0040D8ED/\\$FILE/PGO%20Zagreb\\_05\\_09\\_2014%20za%20Skupstinu.pdf](http://web.zagreb.hr/Sjednice/2013/Big_Attach_2013.nsf/0/266360D753B4947AC1257D4F0040D8ED/$FILE/PGO%20Zagreb_05_09_2014%20za%20Skupstinu.pdf);  
20.10.2015.
- [26] Transfer station (waste management)  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Transfer\\_station\\_%28waste\\_management%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Transfer_station_%28waste_management%29);  
15.11.2015.
- [27] den Boer, E., den Boer, J., Jager J.: Waste management planning and optimisation, 2005.
- [28] Tomić, T.: Analiza isplativosti centraliziranog toplinskog sustava na biomasu i komunalni otpad u Zagrebu, Zagreb, 2014.
- [29] HEP-Toplinarstvo d.o.o. - CJENIK CTS - ZAGREB  
[http://www.hep.hr/toplinarstvo/kupci/cijene/CJENIK\\_CTS\\_ZAGREB.PDF](http://www.hep.hr/toplinarstvo/kupci/cijene/CJENIK_CTS_ZAGREB.PDF);  
20.11.2015.
- [30] Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije; Narodne novine broj 133/2013
- [31] Chang, N.B., Pires A.: Sustainable Solid Waste Management, A Systems Engineering Approach, New Jersey, 2015.
- [32] How to Plan, Design and Finance Small Transfer Stations and Citizen's Collection Stations  
[http://www.nctcog.org/envir/SEELT/disposal/Planning\\_Designing\\_and\\_Financing\\_CC\\_Ss\\_TSs.pdf](http://www.nctcog.org/envir/SEELT/disposal/Planning_Designing_and_Financing_CC_Ss_TSs.pdf); 19.11.2015.
- [33] Bruto i neto plaće u RH za 2014. godinu, Državni zavod za statistiku
- [34] Popis stanovništva 2011. godine, Državni zavod za statistiku
- [35] Dojenačke smrti u Hrvatskoj - Izvješće za 2013. godinu, Hrvatski zavod za javno zdravstvo

- [36] Projekcija stanovništva Republike Hrvatske 2010. godine, Državni zavod za statistiku
- [37] Statističke informacije 2014, Državni zavod za statistiku
- [38] Odabrani ekonomski pokazatelji hrvatskog gospodarstva '95-'07
- [39] Stručna podloga za izradu Strategije prostornog razvoja Republike Hrvatske: DEMOGRAFSKI SCENARIJI I MIGRACIJE, Ekonomski fakultet, Zagreb
- [40] World Factbook  
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/hr.html>; 20.10.2015.
- [41] den Boer, J., den Boer E., Jager J.: LCA-IWM: A decision support tool for sustainability assessment of waste management systems, Waste Management, 27(8): 1032-1045, 2007.

## **PRILOZI**

### **I. CD-R disc**